Facultad de Ingeniería
Carrera: Ingeniería Electromecánica

PROYECTO FINAL

Acueducto de impulsión en la ciudad de General Pico

Alumno:

Jorquera, Emanuel Hugo

Tutores:

Ing. LACROUTS, Jorge José
Ing. MANDRILE, Daniel Alberto

Fecha:

Índice

				Contenido	**Página**
1				**Introducción General**	4
2				**Memoria Descriptiva General**	5
3				**Anexo I Acueducto de Impulsión**	6
	3.1			**Memoria Descriptiva**	8
	3.2			**Memoria Técnica**	8
		3.2.1		Pérdida de Carga	8
		3.2.2		Deformación Máxima Admisible	8
		3.2.3		Golpe de Ariete	8
		3.2.4		Tratamiento de Tubería	8
		3.2.5		Selección y Ubicación de las Válvulas de aire y limpieza	9
			3.2.5.1	Válvula de Aire	9
			3.2.5.2	Válvula de Limpieza	11
		3.2.6		Prueba Hidráulica	11
		3.2.7		Cámara y Bombas Sumergibles	11
	3.3			**Memoria de Cálculo**	14
		3.3.1		Pérdida de Carga	14
			3.3.1.1	Pérdida de Carga en la Tubería	14
			3.3.1.2	Pérdida de Carga en los Accesorios	14
			3.3.1.3	Pérdida de Carga en la entrada a la Cisterna	18
		3.3.2		Deformación Máxima Admisible	25
		3.3.3		Golpe de Ariete	28
4				**Anexo II Tendido Eléctrico Media Tensión**	32
	4.1			**Memoria Descriptiva**	33
	4.2			**Memoria Técnica**	34
		4.2.1		Cálculo de Conductores	34
			4.2.1.1	Conductor Aéreo	34
			4.2.1.2	Conductor Subterráneo	34
			4.2.1.3	Conductor de Baja Tensión	34
		4.2.2		Estructuras	34
		4.2.3		Tipo de Aislamiento	35

		4.2.4		Vano Cálculo	35
		4.2.5		Protecciones	35
		4.2.6		Subestaciones Transformadora	35
		4.2.7		Puesta a Tierra	36
		4.2.8		Cómputos de Materiales	37
		4.2.9		Tabla de Tendido para un Vano de 77,5 m	39
	4.3			**Memoria de Cálculo**	40
		4.3.1		Cálculo de caída de Tensión	40
			4.3.1.2	Cálculo de caída en Baja Tensión	42
		4.3.2		Elección de los postes	42
			4.3.2.1	Zona Climática	42
			4.3.2.2	Cálculo Mecánico	42
			4.3.2.3	Hipótesis de Estado Atmosférico	42
		4.3.3		Tensiones Especificas Máxima de Trabajo	43
		4.3.4		Altura Libre Mínima	43
		4.3.5		Cargas y Presiones de Viento Sobre Conductores	44
		4.3.6		Cálculo de los Estados básicos	45
		4.3.7		Cálculo de las Estructuras en Suspensión Simple	45
			4.3.7.1	Consideraciones Iniciales	45
			4.3.7.2	Hipótesis 1 a)	45
		4.3.8		Cálculo Estructura Terminales	46
			4.3.8.1	Consideraciones Iniciales	46
		4.3.9		Altura y Esfuerzo Máximo Poste sostén	47
		4.3.10		Altura y Esfuerzo Máximo Terminales	48
		4.3.11		Empotramiento	49
			4.3.11.1	Método de Cálculo	49
			4.3.11.2	Coeficiente de Seguridad al Vuelco	49
			4.3.11.3	Cálculo de Estructura y Verificación del Terminal	52
		4.3.12		Verificación de la Carga Máxima del Terreno	54
			4.3.12.1	Método de cálculo	54
			4.3.12.2	Verificación de la Presión Admisible	54
		4.3.13		Distancia Eléctrica	54
		4.3.14		Distancia entre Fases	54

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

El presente documento constituye el proyecto "Trabajo Final" de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Este proyecto nace por una necesidad de abastecer del servicio de agua potable a los nuevos barrios delimitados por las calles 428 y 448, y por las calles 403 y 417 de la ciudad de General Pico (La Pampa). Dicho proyecto se realiza por intermedio del Instituto Autárquico de la Vivienda (IPAV) con el nombre de obra: **"NEXO DE RED DE AGUA POTABLE PROGRAMA FEDERAL PLURIANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS, GENERAL PICO - 6000 VIVIENDAS -2º ETAPA".**

El mismo constará del cálculo de las cañerías para el transporte del fluido y las líneas de transporte de energía en 13,2 kV para alimentar dos estaciones de bombeo. Se colocarán los transformadores, las bombas y sus respectivos tableros de comando. Se debe garantizar el normal funcionamiento de todo el conjunto, los cuales estarán en concordancia con las reglamentaciones vigentes, de manera tal que quede garantizada la seguridad de las personas y el funcionamiento óptimo del sistema. (Ver PLANO 01 del ANEXO V).

2. MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL

El presente corresponde a la primera etapa de un proyecto integral que tiene por objeto ampliar la fuente de provisión de agua potable de la ciudad de General Pico. En esta oportunidad se incorporarán 2 de las 60 perforaciones previstas. Las obras a ejecutar permitirán el abastecimiento de 360 viviendas que se incorporaran al servicio y corresponden a la operatoria del Instituto Provincial Autarquico de Viviendas, perteneciente al plan Federal.

Dicho proyecto contempla la verificación de los cálculos realizados en el pliego enviado por provincia, el dimensionamiento del tendido eléctrico, la instalación de dos pozos de captación de agua potable con sus respectivas bombas y tableros de comando en la tubería de impulsión, la misma está ubicada sobre ruta provincial 101, calle 417 y diagonal Mocoví, en la ciudad de General Pico, provincia de La Pampa.

El tendido del acueducto consta de 3000 metros de longitud, y vinculará las dos estaciones de bombeo que suministran agua a la cisterna ubicada en la calle 409 y diagonal Mocoví.

Se calculará la pérdida de carga del tendido de tuberías con sus respectivos accesorios, y del colector de ingreso a cisterna.

Se calculará el tiempo de apertura y de cierre de la válvula ubicada en la entrada a la cisterna, ya que de ser muy rápido puede provocar el efecto de sobre-presión conocido como “golpe de ariete”.

Se dispondrán a lo largo del trazado, válvulas de limpieza para facilitar la extracción de arena que pueda tener el acueducto así como también válvulas de aire para liberar el aire que pueda quedar atrapado en el sistema.

Se verificará la máxima deformación admisible en el diámetro de un tubo enterrado.

Se dispondrá a modo informativo, el análisis de los 2 pozos de captación, hecho por la licenciada en geología.

Anexo I
Acueducto de Impulsión.

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.

El presente anexo constará del cálculo de la tubería para el transporte del fluido, la misma está ubicada sobre ruta provincial 101, calle 417 y diagonal Mocoví, en la ciudad de General Pico, provincia de La Pampa.

El tendido del acueducto consta de 3000 metros de longitud, y vinculará las dos estaciones de bombeo que suministran agua a la cisterna ubicada en la calle 409 y diagonal Mocoví. (Ver PLANOS 02-03-04 del ANEXO V).

3.2 MEMORIA TÉCNICA.

3.2.1 Pérdida de carga:

El acueducto de impulsión, será construido en P.V.C clase 6, de 400 mm de diámetro nominal, según normas IRAM 13351 con junta fija de aros de goma. Estos soportarán una presión nominal de 6 $\frac{kg}{cm^2}$.

Se calculará la pérdida de carga de dicho tramo con sus respectivos accesorios, y del colector de ingreso a cisterna. En el extremo opuesto se colocará una válvula sectorizadora, que permitirá la prolongación prevista para la segunda etapa, previendo llegar a la localidad de Vértiz con 60 pozos de captación.

Se estima un caudal máximo de 486 $\frac{m^3}{h}$ con todos los pozos de captación en funcionamiento y se contemplará ese caudal para los cálculos del acueducto, verificándose que para la presión de trabajo de 1,65 $\frac{kg}{cm^2}$ es suficiente para transportar el fluido hasta la cisterna.

3.2.2 Deformación máxima admisible:

Se verificará la máxima deformación admisible en el diámetro de un tubo enterrado, ya que la calle 371/417 es transitada por camiones con acoplados y otros vehículos pesados. Se determinará que la tapada promedio de 1,30 m, no permita la deformación de los tubos de PVC al paso del tránsito.

3.2.3 Golpe de ariete:

Se estipula un tiempo mínimo para el cierre de la válvula ubicada a la entrada de la cisterna de 13 segundos y así evitar cualquier inconveniente de sobrepresión en toda la tubería. Para prolongar el tiempo de cierre se colocará en el eje de la válvulas un actuador manual con un sistema de engranes para darle una relación de giro entre la manivela (maniobrada por el operario), y el obturador. El actuador que se instalará será de la marca SIWO modelo RN1 con una relación 1/30. Las válvulas de aire descriptas más adelante también contribuyen para evitar dicho fenómeno.

3.2.4 Tratamiento de la tubería:

En la colocación de la tubería se deben tener presentes las siguientes pautas tanto en compactación del fondo de Zanja como anclajes de la tubería. En el fondo de zanja se deberá hacer una compactación y una "cama" de arena fina para permitir que los tubos de P.V.C apoyen uniformemente en el suelo, evitando algún material duro que pueda dañarla.

Se deberá tener presente que en los puntos tales como curvas válvulas o tramos rectos de gran longitud. Hay que colocar anclajes para evitar deslizamiento de la tubería. Dicho anclajes serán:

Curvas:

Se colocará en el lado de afuera de la curva arena mezclada con cemento y compactada o hormigón simple (con su respectiva protección en la tubería para no dañarla) a fin de contrarrestar el esfuerzo del fluido, (sólo tenemos 5 a 45º).

Válvulas:

Las válvulas serán amuradas a la base de la cámara con hormigón para evitar su deslizamiento.

Tramos rectos:

Para evitar que se deslice la tubería sobre la zanja se deberá hacer cada 300 m una sinusoide de un ciclo en 30 metros de largo, de una amplitud del ancho de la zanja. Esto ayudará a que el mismo suelo actué como freno por su propia fricción. No se tiene en cuenta la pérdida de carga que pueda provocar esta curva ya que si tenemos presente que el ancho de zanja es de 1 [m], el ciclo es de 30 m. Cada curva tiene un radio de 56500 [m], lo cual se ve claramente que la pérdida de carga que pueda producir por el efecto de la curva es despreciable comparado con la pérdida que produce las paredes de la tubería.

3.2.5 Selección y ubicación de las válvulas de aire y limpieza:

3.2.5.1 Válvula de aire

El flujo de aire y agua en las tuberías genera pérdidas y dificultades que obligan a que se deba sacarlo por medio de las llamadas válvulas de aire. Existen varias funciones que pueden desempeñar dichas válvulas: la de purga de aire, al llenar la tubería, romper el vacío (dejar entrar aire al vaciar la tubería para que no colapse), expulsión a presión para sacar las bolsas de aire que se forman en la parte alta del trazado de la tubería y en determinado momentos evitar el golpe de ariete.

Las válvulas a colocar son las indicadas en el pliego de condiciones por el ente prestatario del servicio (APySU).

Se trata de una válvula combinada de purga y ruptura de vacío, que se utiliza en sistemas de conducción de agua con tuberías de 8 pulgadas de diámetro o mayores y presenta las siguientes especificaciones técnicas:

- Presión de trabajo 0,2 a 10 bar.
- Temperatura de trabajo 60 ºC.
- Máxima temperatura momentánea de trabajo 90 ºC
- Cuerpo y piezas internas de la válvula fabricados con materiales compuestos y resistentes a la corrosión

Presenta las siguientes características:

- Prevenir cierre prematuro y reducción de golpe de ariete en las válvulas y tubería.
- Protección del sistema contra la penetración de impureza y partículas contaminantes.
- Peso ligero y reducida dimensiones para una operación sencilla y confiable.
- Conexión de drenaje de agua excedente integrada en la salida.
- Cierre suave y gradual, sin que le afecte el flujo de agua.
- Cierre sumamente silencioso.
- Purga de grandes volúmenes de aire por el orificio automático sin taponamientos.

Operación de la válvula

Cuando el sistema comienza a llenarse de agua, el aire que entra en la tubería penetra en la ventosa dinámica y eleva el conjunto de sellado (cierre hermético) del orificio grande generando su apertura. Esto permite la purga de aire, principalmente a través del orificio de la cámara inferior, aunque también se descargan pequeños volúmenes de aire a través del orificio piloto de la cámara superior. El agua que entra a continuación en la ventosa dinámica llena la cámara inferior, parte del agua fluye hacia arriba por el orificio y entra en la cámara superior, lo cual eleva el flotador del piloto para desplegar el mecanismo de cierre a la posición de selladura hermética. Dentro de la cámara superior se acumula presión, lo cual conduce al descenso y cierre controlado del conjunto de sellado del orificio grande, y esto, a su vez, cierra el orificio grande de la cámara inferior. En esta etapa, solo sigue funcionando el componente de purga automático de aire, que descarga el aire a través del orificio pequeño. Al disminuir la presión en la línea, durante el vaciado o interrupción del flujo, la presión en la válvula se reduce a un nivel menor que el de la presión atmosférica exterior. El vacío que se crea hace que el conjunto de sellado del orificio grande

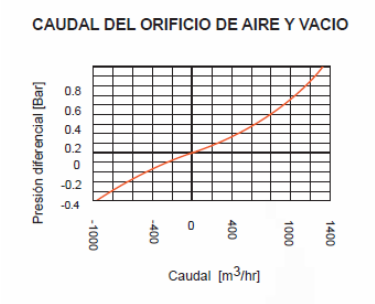
se eleve a la posición de apertura, para así abrir el orifico grande de la cámara inferior y permitir la entrada de aire de la atmósfera al interior del sistema.

Dimensiones y pesos

DIMENSIONES Y PESOS

Tamaño nominal	Dim. en mm. A	B	C	Peso Kg.	Area del orificio (mm²) Automamtica	Aire y vacio
2" (50 mm)	144	216	3/8" BSP	1.040	7.8	1963
3" (80 mm)	144	217	3/8" BSP	1.075	7.8	1963

Caudal del orificio de aire y vacío.

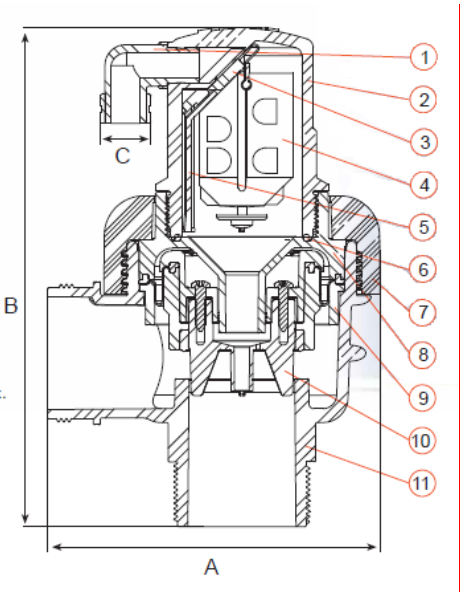


Purga de aire del orificio.

Despiece de la válvula.

PIEZAS

No.	Pieza	Material
1.	Codo de drenaje	Polipropileno
2.	Cuerpo de la válvula accionadora	Nylon reforzado
3.	Selladura desplegable	E.P.D.M.
4.	Conjunto del flotador	Espuma de polipropileno+Acero inox.
5.	Varilla	Nylon reforzado
6.	Junta tórica (anillo en O)	BUNA-N
7.	Anillo de cierre	Nylon reforzado
8.	Adaptador de base	Nylon reforzado
9.	Anillo de soporte	Nylon reforzado
10.	Conjunto del émbolo	Nylon reforzado + E.D.P.M. + Acero inox.
11.	Cuerpo	Nylon reforzado



3.2.5.2 Válvula de Limpieza

En la colocación de la tubería, encastre de los tubos y tapada, es inevitable que entre mugre o residuos de tierra en la misma. Una vez terminada la colocación y antes de habilitar la tubería de impulsión de agua potable, se deberá limpiar todo residuo que se encuentre en su interior. Para esto se colocarán a lo largo del tramo y en los niveles más bajos, seguido de una elevación con pendiente pronunciada, dichas válvulas esclusa de 3 pulgadas. Estas servirán de purgue para poder retirar cualquier tipo de residuo sólido que quede dentro de la tubería. Las válvulas a colocar son de hierro dúctil, PN16, enchufe de PVC, obturador de cierre elástico con revestimiento anticorrosivo Epoxi. Dichas válvulas cumplen con los requerimientos de Agua y Saneamientos Argentino según especificación Técnica AySA Nº 8.

Tanto las válvulas de limpieza como las de aire se indican en el PLANO Nº 5 del ANEXO V, y el detalle de las cámaras para las válvulas de aire y limpieza respectivamente se muestran en el PLANO Nº 8 y Nº9 del ANEXO V.

3.2.6 Prueba Hidráulica

Las tuberías deberán someterse a pruebas de presión interna a zanja abierta y a zanja tapada por tramos, que no superen los 1000 metros. Dicha presión será 1,5 veces la presión nominal de los tubos de P.V.C. Para nuestro caso dicha presión es de 9 $\frac{kg}{cm^2}$, por un tiempo aproximado de una hora. En este tiempo no deberá bajar dicha presión, para que se verifique la total hermeticidad en las uniones de los tubos y accesorios en todo el tramo.

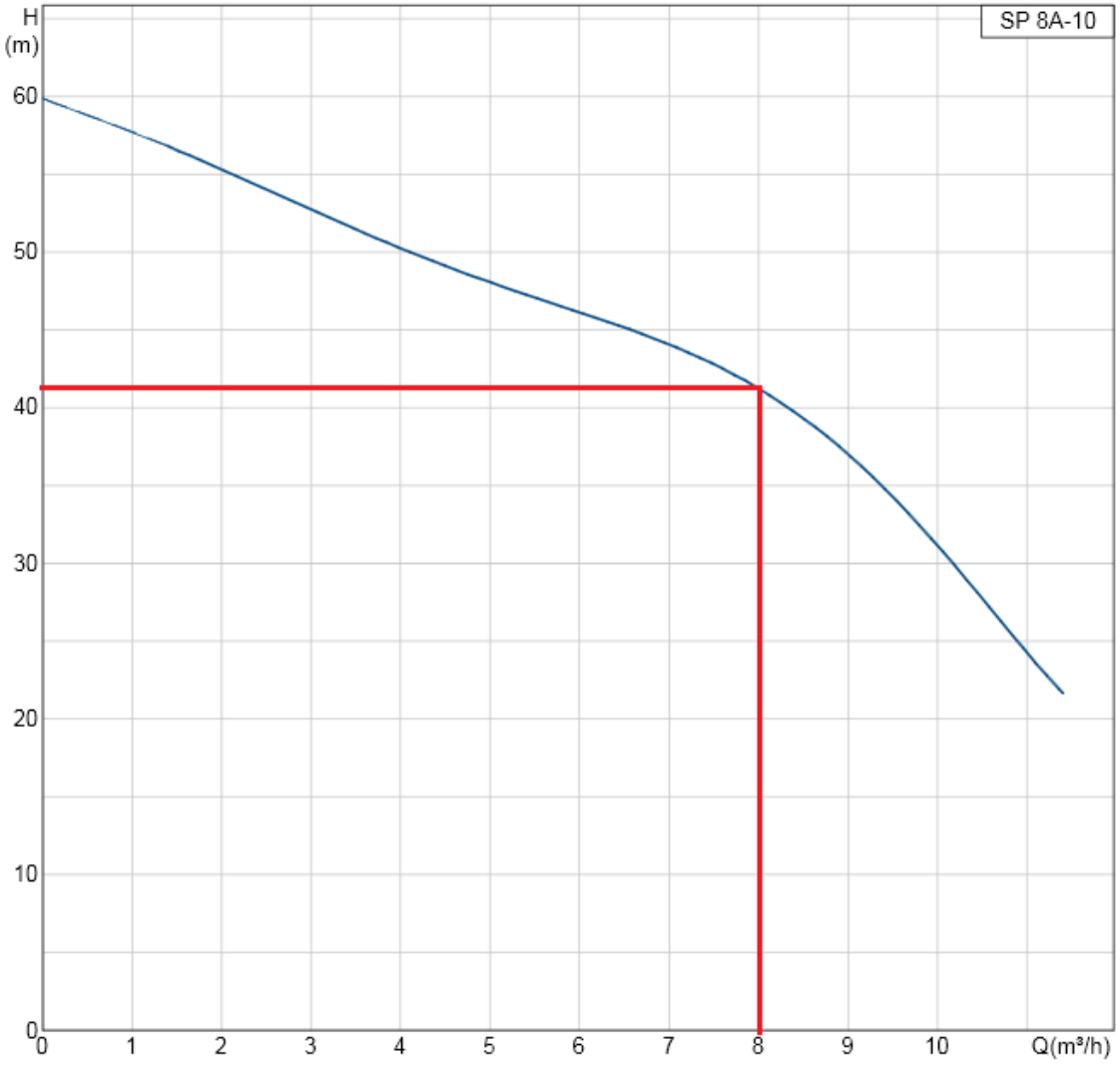
3.2.7 Cámara y Bomba Sumergible

Cámara

Se realizará una cámara, como muestra el PLANO Nº 12 del ANEXO V, para las válvulas de retención, válvulas de corte e instrumento de medición para realizar cualquier control dentro del pozo. El instrumento de medición es un manómetro en baño de glicerina con escala de 0 – 10 $\frac{kg}{cm^2}$.

Bomba Sumergible

Por pedido del pliego entregado por provincia, las bombas sumergibles deben tener un caudal de 8 $\frac{m^3}{h}$, estarán instaladas a una profundidad de 16 metros según muestra el PLANO Nº 13 del ANEXO V. Por tal motivo se elige una bomba de la marca GRUNDFOS modelo SP-8ª, que para dicho caudal, la altura es de 43 m.c.a asegurándonos que a la entrada de la tubería, la presión de las bombas es mayor, asegurándonos una correcta circulación del fluido. Ambas bombas cuenta con un motor eléctrico marca FRANKLIN ELECTRIC de 1,5 kW (2 HP), 380V modelo 23432594, utilizado para los cálculos del tablero de comando y protección mostrados en el ANEXO III.


SP 8A-10
H
(m)
60
50
40
30
20
10
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Q(m³/h)

3.3 MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se detallarán los cálculos, así como también las tablas y fórmulas teóricas que avalan la selección anteriormente enunciada.

3.3.1 Cálculo Pérdida de carga

3.3.1.1 Pérdida de carga en la tubería.

El acueducto de impulsión, será construido en P.V.C clase 6, de 400 mm de diámetro nominal, según normas IRAM 13351 con junta fija de aros de goma. Estos soportarán una presión nominal de 6 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

Para el cálculo de la pérdida de carga se utilizarán dos métodos diferentes. El primer método es el de Manning, y el segundo de Hazen-Williams.

Método de Manning:

La ecuación de Manning es válida para canales circulares que se encuentren parcial o totalmente llenos y para tuberías de gran diámetro (mayor a 250 mm). La expresión a utilizar es la siguiente.

$$h = 10,3 \cdot n^2 \cdot \left(\frac{Q^2}{D^{5,33}} \right) \cdot L$$

Dónde:

h: pérdida de carga o de energía [m]

n: coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

D: diámetro interno de la tubería [m]

Q: caudal [$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$]

L: longitud de la tubería [m]

De la tabla 1 se tomará el valor del coeficiente de Manning para P.V.C

COEFICIENTES DE MANNING	
MATERIAL	COEFICIENTE (n)
PVC-PE-PP	0,009-0,010
PRFV	0,010-0,011
ASBESTO CEMENTO	0,011-0,012
HORMIGÓN	0,013-0,015
HIERRO DÚCTIL	0,012-0,013
ACERO REVESTIDO	0,011-0,013

Tabla 1. Coeficiente de Manning.

En nuestro caso utilizaremos el valor de 0,009.

Para el diámetro interno del tubo se utilizará la tabla 2 prevista por el fabricante.

Enchufe

DN	Long.	CLASE 6			CLASE 10			D1	m
(mm)	(m)	Código	e (mm)	Di (mm)	Código	e (mm)	Di (mm)	(mm)	(mm)
50	6	R6050X6	1,7	46,6	R1050X6	2,4	45,2	50,3	95
63	6	R6063X6	1,9	59,2	R1063X6	3,0	57,0	63,4	100
75	6	R6075X6	2,2	70,6	R1075X6	3,6	67,8	75,4	105
90	6	R6090X6	2,7	84,6	R1090X6	4,3	81,4	90,7	110
110	6	R6110X6	3,2	103,6	R1110X6	5,3	99,4	110,4	125
125	6	R6125X6	3,7	117,6	R1125X6*	6,0	113,0	125,4	130
140	6	R6140X6	4,1	131,8	R1140X6*	6,7	126,6	140,5	140
160	6	R6160X6	4,7	150,6	R1160X6	7,7	144,6	160,5	140
200	6	R6200X6	5,9	188,2	R1200X6	9,6	180,8	200,6	160
225	6	R6225X6*	6,6	211,5	R1225X6*	10,8	203,4	225,7	170
250	6	R6250X6	7,3	235,4	R1250X6	11,9	226,2	250,8	180
315	6	R6315X6	9,2	296,6	R1315X6	15,0	285,0	316,0	195
355	6	R6355X6*	10,4	334,2	R1355X6*	16,9	321,2	356,1	205
400	6	R6400X6*	11,7	376,6	R1400X6*	19,1	361,8	401,2	215
450	6	R6450X6*	13,1	423,8	R1450X6*	21,5	407,0	452,5	240
500	6	R6500X6	14,6	470,8	R1500X6*	23,8	452,4	502,6	270
630	6	R6630X6*	18,4	593,2	R1630X6*	30,0	570,0	631,6	285

REFERENCIAS:

DN: *diámetro nominal*
D1: *diámetro interno del enchufe*
Di: *diámetro interno del tubo*
m: *longitud total del enchufe*
e: *espesor*

Todas las dimensiones corresponden a valores nominales.

* En proyecto con certificación IRAM según normas IRAM 13.351.

Clase 6: Presión Nominal 6Kg/cm² (0,6 MPa)

Clase 10: Presión Nominal 10Kg/cm² (1,0 MPa)

Tabla 2. Referencias del tubo de P.V.C

Se obtuvo como resultado sin considerar los accesorios, una pérdida de carga de 8,31 m.c.a

Método de Hazen-Williams:

La ecuación de Hazen-Williams es muy utilizada debido a su simplicidad, siendo muy útil para tuberías de pequeño diámetro y no grandes velocidades. Para nuestro caso Ø 400 mm y una velocidad máxima de 1,21 $\frac{m}{s}$ no tendrá mayores inconvenientes, La expresión a utilizar es la siguiente.

$$h_f = \left(\frac{6,824 \cdot l \cdot v^{1,851}}{C_{HW}^{1.851} d^{1,167}} \right)$$

Dónde:

$h_{f:}$ pérdida de carga o de energía [m]

C_{HW}: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams (adimensional)

d: diámetro interno de la tubería [m]

v: velocidad [$\frac{m}{s}$]

l: longitud de la tubería [m]

De la tabla 3 se tomará el valor del coeficiente C_{HW} de HAZEN-WILLIAMS.

Material	C_{HW}
Acero corrugado	60
Acero con juntas lock-bar (nuevo)	135
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado (nuevo)	110
Acero remachado (usado)	85
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (nuevo)	120
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (usado)	90
Hierro soldado, con revestimiento especial (nuevo y usado)	130
Hierro fundido limpio (nuevo)	130
Hierro fundido sin incrustaciones (usado)	110
Hierro fundido con incrustaciones (viejo)	90
Plástico (PVC)	150
Asbesto cemento (nuevo)	135
Cobre y latón	130
Conductos con acabado interior de cemento pulido	100
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Tubos de barro vitrificado (drenes)	110
Madera cepillada o en duelas	120

Tabla 3. Coeficiente de C_{HW} para distintos materiales

Se obtuvo como resultado sin considerar los accesorios, una pérdida de carga de 8,54 m.c.a.

Como conclusión, entre ambos métodos de cálculo, no existe gran diferencia más que los decimales, por lo tanto se adoptará una pérdida de carga media de 8,50 m.c.a. en el tramo recto.

$$h_{t.r} = 8.50 \text{ m.c.a}$$

3.3.1.2 Pérdida de carga en los accesorios.

Para calcular la pérdida de carga en las curvas a 45º que tiene la tubería de P.V.C. se utiliza la siguiente fórmula sacada de la tabla 4:

$$le = \left(0{,}18 \cdot D + 0.06\right) \cdot \left(\frac{C}{100}\right)^{1{,}83}$$

$$le = 6{,}17$$

$$le_{total} = 6{,}17 \cdot 5$$

Donde 5 es la cantidad de curvas a 45º que se encuentran en todo el trayecto. Aplicando la fórmula de Hazen-Williams tengo como resultado que la suma de las cinco curvas a 45º me dan una pérdida de carga de:

$$h_{curva} = 0{,}087 \text{ m.c.a}$$

Aditamento	**Longitud equivalente(m)** ***D* (pulgadas)** ***C* Hazen Williams.**
Codo radio largo 90°	$Le = (0.52D+0.04)(C/100)^{1.85}$
Codo radio medio 90°	$Le = (0.67D+0.09)(C/100)^{1.85}$
Codo radio corto 90°	$Le = (0.76D+0.17)(C/100^{1.85}$
Codo de 45°	$Le = (0.38D+0.02)(C/100)^{1.85}$
Curva 90° $r/D = 1\ ½$	$Le = (0.30D+0.04)(C/100)^{1.85}$
Curva 90° $r/D = 1$	$Le = (0.39D+0.11)(C/100)^{1.85}$
Curva de 45°	$Le = (0.18D+0.06)(C/100)^{1.85}$
Entrada normal	$Le = (0.46D+0.08)(C/100)^{1.85}$
Entrada de borda	$Le = (0.77D-0.04)(C/100)^{1.85}$
Válvula de compuerta abierta	$Le = (0.17D+0.03)(C/100)^{1.85}$
Válvula de globo abierta	$Le = (8.44D+0.50)(C/100)^{1.85}$
Válvula de ángulo abierta	$Le = (4.27D+0.25)(C/100)^{1.85}$
Tee de paso directo	$Le = (0.53D+0.04)(C/100)^{1.85}$
Tee con salida de lado	$Le = (1.56D+0.37)(C/100)^{1.85}$
Tee con salida a ambos lados	$Le = (0.56D+0.33)(C/100)^{1.85}$
Válvula de pie con rejilla	$Le = (6.38D+0.40)(C/100)^{1.85}$
Válvula de retención tipo liviano	$Le = (2.00D+0.20)(C/100)^{1.85}$
Válvula de retención tipo pesado	$Le = (3.20D+0.03)(C/100)^{1.85}$
Reducción gradual	$Le = (0.15D+0.01)(C/100)^{1.85}$
Ampliación gradual	$Le = (0.31D+0.01)(C/100)^{1.85}$
Salida de tubería	$Le = (0.77D+0.04)(C/100)^{1.85}$

Tabla 4. Fórmulas de pérdida de carga

3.3.1.3 Pérdida de carga en la entrada a la cisterna.

Como se muestra en el PLANO Nº 6 del ANEXO V, la entrada a la cisterna esta echa con accesorios de fundición y consta de dos TEE a 90º y cuatro reducciones (dos de 400 a 250 mm y otras dos de 250 a 160 mm) que vinculan la tubería de 400 mm con la existente de 160 mm. Para la misma se determina la pérdida de carga como la suma de los accesorios, y solo se tendrá en cuenta ya que son las que realmente produce pérdida de carga a nuestro acueducto, una TEE, una reducción de 400/250 y una reducción de 250/160 ya que la segunda TEE es para alimentar una futura cisterna, por lo tanto un lado es ciego, y las otras reducciones no influyen ya que alimenta la cisterna por un ramal de impulsión existente.

Pérdida de carga en la TEE.

Para el cálculo de la pérdida de carga en la TEE se deberá tener en cuenta la siguiente expresión.

$$h_{tee} = \left(\frac{f \cdot le \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot d_i} \right)$$

Dónde:

$h_{tee:}$ pérdida de carga o de energía [m.c.a]

l_e: longitud equivalente [m]

f: Factor de fricción (adimensional)

d_i: diámetro interno de la tubería [m]

v: velocidad [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

g: aceleración de la gravedad [$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$]

Para determinar el factor de fricción se deberá entrar al diagrama de Moody, con lo cual necesitamos saber el número de Reynold y la relación $\frac{d}{k}$, donde d es el diámetro nominal y k es el valor de rugosidad para hierro fundido.

Tomando un valor promedio de k =0.36 la relación $\frac{d}{k}$ = 1111,11.

Para calcular el número de Reynold, usamos la siguiente fórmula

$$RE = \left(\frac{\delta \cdot d \cdot v}{\mu} \right)$$

$$RE = \left(\frac{997 \cdot 0,400 \cdot 1.21}{902x10^6} \right) \rightarrow RE = 5,34x10^5$$

Entrando al diagrama de Moody tengo como resultado un f = 0.027.

Para determinar la longitud equivalente de la tabla 3, utilizo la fórmula de "TEE con salida de lado"

$$le = (0,56 \cdot D + 0.37) \cdot \left(\frac{C}{100} \right)^{1,83}$$

$$le = 15,07$$

Dónde:

l_e: longitud equivalente [m].

D: diámetro en pulgadas.

C: Coeficiente de Hazen-Williams.

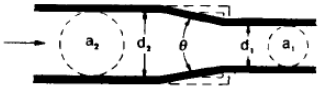
Con lo cual la pérdida de carga:

$$h_{tee} = 0.0659 \text{ m.c.a}$$

Pérdida de carga en la reducción de 400 mm a 250 mm.

Para el cálculo de la pérdida de carga en la reducción, primero debemos saber él ángulo θ para determinar que fórmula usar.

ESTRECHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL



Si $\theta \leq 4.5°$ . . . . . K = Fórmula 1

$45° < \theta \leq 180°$ . . . . K = Fórmula 2

$$K = \left(\frac{0.8 \cdot sen\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \left(1-\beta^2\right)}{\beta^4} \right)$$

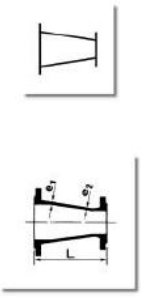
Fórmula 1

$$K = \left(\frac{0.5 \cdot \left(1-\beta^2\right) \cdot \sqrt{sen\left(\frac{\theta}{2}\right)}}{\beta^4} \right)$$

Fórmula 2

Donde β es la relación entre diámetros $\rightarrow \beta = \frac{d_1}{d_2}$.

Del catálogo del fabricante saco las medidas de la reducción.



Ref.	DN / ND	dn/nd	e_1	e_2	L Serie A	L Serie B	Peso Kg. / Weight Kg.	
							PN 10/NP 10	PN 16/NP 16
04R02508	250	80	9,0	7,0	300	250	24,0	25,0
04R02510	250	100	9,0	7,2	300	250	26,0	27,0
04R02512	250	125	9,0	7,5	300	250	27,5	29,0
04R02515	250	150	9,0	7,8	300	250	29,5	31,0
04R02520	250	200	9,0	8,4	300	250	30,5	30,0
04R03008	300	80	9,6	7,0	300	265	30,0	30,5
04R03010	300	100	9,6	7,2	300	265	32,0	32,5
04R03015	300	150	9,6	7,8	300	265	35,0	35,5
04R03020	300	200	9,6	8,4	300	265	35,5	35,0
04R03025	300	250	9,6	9,0	300	265	41,0	40,0
04R03515	350	150	10,2	7,8	300	290	44,5	45,0
04R03520	350	200	10,2	8,4	300	290	58,0	60,5
04R03525	350	250	10,2	9,0	300	290	64,5	67,0
04R03530	350	300	10,2	9,6	300	290	49,5	52,0
04R04010	400	100	10,8	7,2	300	305	70,0	72,0
04R04015	400	150	10,8	7,8	300	305	71,0	73,0
04R04020	400	200	10,8	8,4	300	305	73,0	75,0
04R04025	400	250	10,8	9,0	300	305	72,0	77,0
04R04030	400	300	10,8	9,6	300	305	79,0	84,0
04R04035	400	350	10,8	10,2	300	305	58,0	67,0
04R04530	450	300	11,4	9,6	300	320	88,0	95,0
04R04535	450	350	11,4	10,2	300	320	93,0	104,0
04R05020	500	200	12,0	8,4	600	–	105,0	107,0
04R05025	500	250	12,0	9,0	600	–	107,0	109,0
04R05030	500	300	12,0	9,6	600	–	96,0	111,0
04R05035	500	350	12,0	10,2	600	–	103,0	121,0
04R05040	500	400	12,0	10,8	600	–	110,0	130,0
04R05045	500	450	12,0	11,4	600	–	80,0	102,0
04R06040	600	400	13,2	10,8	600	–	133,0	164,0
04R06045	600	450	13,2	11,4	600	–	141,0	175,0
04R06050	600	500	13,2	12,0	600	–	149,0	190,0

Tabla 5. Catalogo F.T reducciones.

Se puede ver, de tabla, que las medidas de la reducción de 400 mm a 250 mm tiene una longitud de 300 mm con lo cual si hacemos las cuentas nos da un ángulo $\theta = 28.07$ que es menor que 45º.

Aplicando la fórmula 1, tenemos un K = 0.96. Teniendo presente que:

$$h_{re1} = \left(\frac{K \cdot (v_2)^2}{2 \cdot g} \right)$$

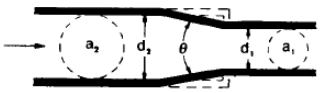
Donde la velocidad del diámetro menor es 2,75 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, nos da como resultado

$$h_{re1} = 0,375 \text{ m.c.a}$$

Pérdida de carga en la reducción de 250 mm a 150 mm.

Para el cálculo de la pérdida de carga en la reducción, primero debemos saber él ángulo θ para determinar que fórmula usar.

ESTRECHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL



Si $\theta \leq 4.5°$ . . . . . K = Fórmula 1

$45° < \theta \leq 180°$ . . . . K = Fórmula 2

$$K = \left(\frac{0.8 \cdot sen\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \left(1 - \beta^2\right)}{\beta^4} \right)$$

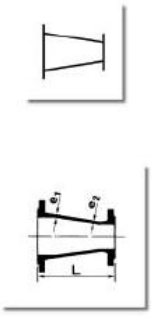
Fórmula 1

$$K = \left(\frac{0.5 \cdot \left(1 - \beta^2\right) \cdot \sqrt{sen\left(\frac{\theta}{2}\right)}}{\beta^4} \right)$$

Fórmula 2

Donde β es la relación entre diámetros $\rightarrow \beta = \frac{d_1}{d_2}$.

Del catálogo del fabricante saco las medidas de la reducción.



Ref.	DN / ND	dn/nd	e_1	e_2	L Serie A	L Serie B	Peso Kg. / Weight Kg.	
							PN 10/NP 10	PN 16/NP 16
04R02508	250	80	9,0	7,0	300	250	24,0	25,0
04R02510	250	100	9,0	7,2	300	250	26,0	27,0
04R02512	250	125	9,0	7,5	300	250	27,5	29,0
04R02515	250	150	9,0	7,8	300	250	29,5	31,0
04R02520	250	200	9,0	8,4	300	250	30,5	30,0
04R03008	300	80	9,6	7,0	300	265	30,0	30,5
04R03010	300	100	9,6	7,2	300	265	32,0	32,5
04R03015	300	150	9,6	7,8	300	265	35,0	35,5
04R03020	300	200	9,6	8,4	300	265	35,5	35,0
04R03025	300	250	9,6	9,0	300	265	41,0	40,0
04R03515	350	150	10,2	7,8	300	290	44,5	45,0
04R03520	350	200	10,2	8,4	300	290	58,0	60,5
04R03525	350	250	10,2	9,0	300	290	64,5	67,0
04R03530	350	300	10,2	9,6	300	290	49,5	52,0
04R04010	400	100	10,8	7,2	300	305	70,0	72,0
04R04015	400	150	10,8	7,8	300	305	71,0	73,0
04R04020	400	200	10,8	8,4	300	305	73,0	75,0
04R04025	400	250	10,8	9,0	300	305	72,0	77,0
04R04030	400	300	10,8	9,6	300	305	79,0	84,0
04R04035	400	350	10,8	10,2	300	305	58,0	67,0
04R04530	450	300	11,4	9,6	300	320	88,0	95,0
04R04535	450	350	11,4	10,2	300	320	93,0	104,0
04R05020	500	200	12,0	8,4	600	–	105,0	107,0
04R05025	500	250	12,0	9,0	600	–	107,0	109,0
04R05030	500	300	12,0	9,6	600	–	96,0	111,0
04R05035	500	350	12,0	10,2	600	–	103,0	121,0
04R05040	500	400	12,0	10,8	600	–	110,0	130,0
04R05045	500	450	12,0	11,4	600	–	80,0	102,0
04R06040	600	400	13,2	10,8	600	–	133,0	164,0
04R06045	600	450	13,2	11,4	600	–	141,0	175,0
04R06050	600	500	13,2	12,0	600	–	149,0	190,0

Tabla 6. Catalogo F.T reducciones.

Se puede ver, de tabla, que las medidas de la reducción de 250 mm a 150 mm tiene una longitud de 300 mm con lo cual si hacemos las cuentas nos da un ángulo $\theta = 17,06$ que es menor que 45º.

Aplicando la fórmula 1, tenemos un K = 0,585. Teniendo presente que:

$$h_{re2} = \left(\frac{K \cdot (v_2)^2}{2 \cdot g} \right)$$

Donde la velocidad del diámetro menor es 6,714 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, nos da como resultado

$$h_{re2} = 1,35 \text{ m.c.a}$$

Con lo cual la pérdida de carga total en metros columna de agua, en todos los accesorios que componen la entrada de la cisterna será de:

$$h_{e.c.} = h_{tee} + h_{red1} + h_{red2}$$
$$h_{e.c.} = 1,35 + 0,375 + 0.066$$
$$h_{e.c.} = 1,791 \simeq 1,8 \text{ m.c.a}$$

Teniendo en cuenta todo lo calculado hasta ahora podemos sacar una pérdida de carga total, en todo el tramo de la tubería. La pérdida total será la suma de la pérdida en los tramos rectos, más la pérdidas producida por las curvas a 45º, más la pérdida producida en la entrada a la cisterna.

$$h_{tot} = h_{t.r.} + h_{curva} + h_{e.c}$$
$$h_{tot} = 8,5 + 0,087 + 1,8$$
$$h_{tot} = 10,38 \text{ m.c.a}$$

Sabiendo que 10,2 m.c.a equivalen a 1 $\frac{kg}{cm^2}$ podemos decir que 10,38 es aproximadamente 1 $\frac{kg}{cm^2}$. Como nosotros tenemos una presión de 1,65 $\frac{kg}{cm^2}$, se verifica que la presión no cae en todo el tramo, sino que llega con presión suficiente a la cisterna.

Cabe aclarar que los ramales de derivación usados en las conexiones de las válvulas de aire y limpieza respectivamente, no se tienen en cuenta en el cálculo de la pérdida de carga. Éstas sólo producen pérdidas en el momento de llenado de la tubería. En régimen estacionario no producen ningún tipo de pérdidas ya que ambas válvulas están totalmente cerradas.

3.3.2 Deformación máxima admisible:

Resistencia al aplastamiento: La verificación estática de las tuberías hechas de Cloruro de Polivinilo (PVC) se realiza bajo el criterio de máxima deformación permisible, utilizable para todas las tuberías de tipo plástico, ya que el fracaso de estos tubos se lleva a cabo por la deformación en forma de óvalo.

Las tuberías presentan de hecho una resistencia propia muy baja y una buena parte de la capacidad para soportar las cargas verticales derivadas de la orientación pasiva inducida horizontalmente por el movimiento de la pared.

La capacidad de un tubo flexible para deformarse, y luego utilizar favorablemente el empuje pasivo, permite al mismo soportar las cargas de tierra y sobrecargas efectivas.

En el cálculo, se consideran los siguientes factores:

- Las fuerzas verticales transmitidas por el peso de la tierra.
- Las fuerzas verticales transmitidas por los vehículos que transitan.

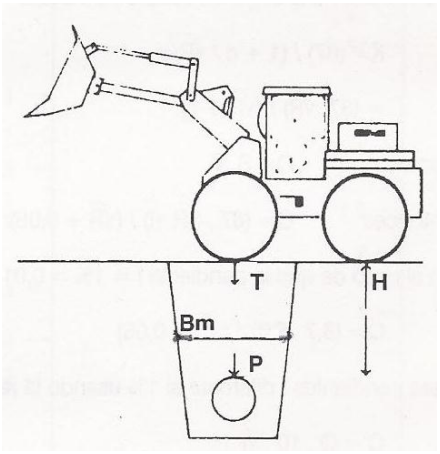
- Distribución de las fuerzas verticales a lo largo de la tubería.
- Cálculo de la deformación del tubo en virtud de las cargas esperadas.
- Configuración de la limitación de la deformación a un valor igual al 5% del diámetro nominal.

Para el cálculo que actúa debido a la carga, se hace referencia al método de Imhoff-Gaube-Rottner y estudio de Marston, que expresan el equilibrio a la traslación prisma vertical con una ecuación diferencial que se puede integrar, encontrar la fuerza total vertical por unidad de longitud.

El esquema de carga utilizado para la determinación de las sobrecargas es en una condición de tráfico pesado. La precaución por el riesgo de detención del mismo debido a algún imprevisto en los vehículos pesados en las vías no suele usarse para tráfico vehicular.

Los datos a utilizar son los siguientes:

Datos	
Diámetro (D)	40 cm
Espesor (e)	1,17 cm
Ancho de Zanja (B)	200 cm
Tapada (H)	130 cm
H/B	0,65
Terreno tipo	
γ	1,7 kg/cm^3
Coeficiente Cg	0,5



Esquema explicativo

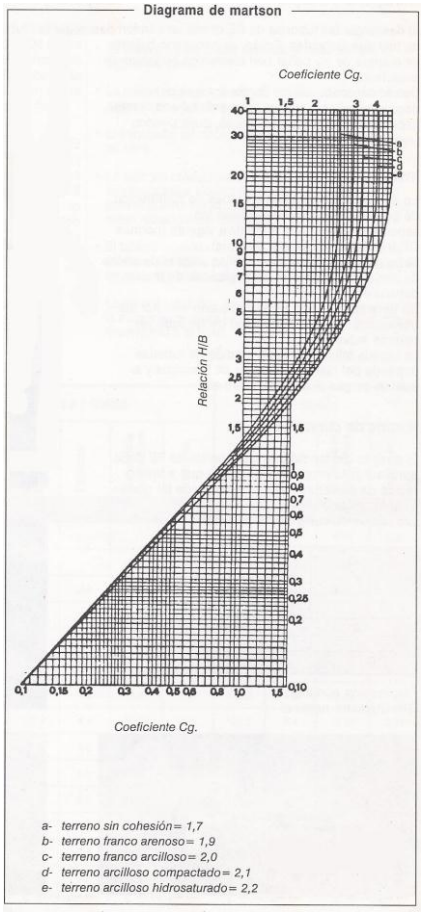


Diagrama de Manson

A continuación se detalla las ecuaciones.

Cálculo de la carga q del terreno sobre un anillo del conducto de 1 cm de largo.

$$q = Cg \cdot \gamma \cdot B \cdot D$$

$$q = 6800 \ \frac{kg}{cm}$$

Cálculo de la carga de tráfico por carretera q_t en un anillo de conducto de 1 cm de largo.

$$q_t = f \cdot P \cdot B$$

$$f = 1 + \frac{60}{H}$$

$$q_t = 165{,}16 \frac{kg}{cm}$$

f = Coeficiente de corrección para el efecto dinámico.

Donde P es la carga aplicada al tubo.

$$P = \frac{(n \cdot T)}{(2 \cdot \pi \cdot H^2)}$$

P = carga [kg]

n = coeficiente del terreno

T =Carga máxima por rueda [kg]

H= Tapada [cm]

Dando como resultado que P=0,565.

Coeficiente del terreno [n]	
Compacto	3
Suelto	6

Tipo	CargaTot. Kg	Carga máx./rueda/Kg.
Transito pesado	60.000	10.000
Transito medio	45.000	7.500
	30.000	5.000
Transito ligero	12.000	2.000
	6.000	2.000

Cálculo de la carga q_c total sobre un anillo del conducto de 1 cm de largo.

$$q_c = q + q_t$$

$$q_c = 6965{,}16 \frac{kg}{cm}$$

Sabiendo que el coeficiente de elasticidad del PVC a 20 ºC es de 28000 $\frac{kg}{cm^2}$, pasamos a la determinación de la deformación máxima admisible.

$$Dm = D - e$$

$$\delta_{max} = 0.05 \cdot Dm$$

$$\delta_{max} = 1{,}883 \text{ [cm]}$$

Y la deformación real es:

$$\delta_{real} = 0.005 \cdot \left(\frac{q_c}{E_t} \right) \cdot \left(\frac{Dm}{e} \right)$$

$$\delta_{real} = 0{,}04003$$

$$\delta_{real} \simeq 0{,}040 \text{ [cm]}$$

Se puede ver claramente que $\delta_{\max} \gg \delta$ con lo cual queda demostrado que a 1,20 m de tapada, que es la que me exige el pliego como mínima, la cañería de impulsión no sufre daños debido a la circulación del tránsito pesado.

3.3.3 Cálculo del golpe de ariete:

Una columna de líquido al moverse tiene cierta cantidad de movimiento o inercia, la cual es proporcional al peso y a la velocidad. Si el flujo es detenido súbitamente, caso que ocurre al cerrar una válvula rápidamente, la inercia se convierte en una onda de choque o en un aumento considerable de la presión. Este fenómeno es conocido como golpe de ariete, y debe controlarse para evitar daños o inclusive destrucción de los sistemas de tubería.

La sobrepresión debida al golpe de ariete es instantánea y debe sumarse a la presión normal de servicio o trabajo. Esta sobrepresión está en relación directa con la velocidad del líquido, con la elasticidad del material de la tubería y con el tiempo en que se produce el paso de circulación del líquido. Para su determinación se aplica la fórmula de Michaud:

$$\Delta h = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$$

Δh = sobrepresión [m.c.a]

L= longitud de la tubería [m].

v= velocidad del fluido [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$].

T=tiempo de duración de la maniobra [s].

g= aceleración de la gravedad [$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$].

Como ya sabemos que la presión que resiste la tubería es de 6 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, vamos a calcular el tiempo de cierre para que Δh no sobrepase dicha presión con lo cual despejando de la fórmula de arriba y sabiendo que 6 $\frac{\text{kg}}{cm^2}$ = 60 m.c.a

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot \Delta h}$$

$$T = 12,32$$

A continuación se calculará el tiempo por la fórmula de Joukowski – Allievi, donde tiene en cuenta la celeridad de la onda en la tubería.

Si consideramos elástica la tubería, lo cual corresponde a cualquier caso real, observamos que la sección tratada, que poseía un grosor inicial (dL) se ha visto ahora comprimida en la forma (dL-dx) habiendo aumentado su diámetro.

El valor de esta expansión radial viene determinado por la elasticidad del fluido, la elasticidad del material de la tubería así como del diámetro de ésta en función de su espesor.

Estas últimas vienen determinadas como (E) módulo de elasticidad del material, (SDR) relación diámetro exterior/espesor de pared, y (K) módulo volumétrico del líquido.

Con todo ello de obtiene la fórmula de Joukowski para la celeridad:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K \cdot (SDR - 2)}{E}}}$$

K = módulo volumétrico del agua (21000) $[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}]$.

SDR = relación de dimensiones $\frac{\text{D}_{\text{ext}}}{\text{E}_{\text{pared}}}$.

E = módulo de elasticidad del tubo (PVC 28000) $[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}]$.

Con lo cual.

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1+\frac{21000\cdot(34{,}19-2)}{28000}}}$$

$$a = 283{,}194\left[\frac{m}{s}\right]$$

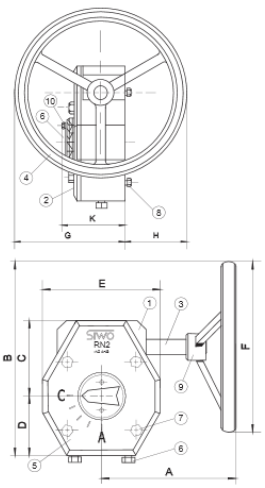
Sabiendo que el tiempo medido desde la válvula hasta el final del tramo y de vuelta es:

$$Tp = \frac{2\cdot L}{a}$$
$$Tp = 21.18[\text{s}]$$

Se puede apreciar que $T \ll Tp$, con lo que significa que el tiempo que me rige el cierre de la válvula, no debe ser menor que 12,32 segundos.

Para evitar cualquier tipo de inconvenientes se colocan en el eje de las válvulas un actuador manual con un sistema de engranes para darle una relación de giro entre la manivela (maniobrada por el operario) y el obturador. El actuador que se instalará será de la marca SIWO modelo RN1 con una relación 1/30.

ACTUADOR MANUAL A SIN FIN Y CORONA
MARCA SIWO - MODELO "RN"



MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	K	RELACION	GIRO/OPER.	PESO Kg.
RN0	190	178	73	53	105	150	104	41	60	1/24	6	4
RN1	330	291	97	77	153	300	181	119	85	1/30	7.5	13
RN2	340	307	112	76	158	300	185	115	87	1/50	12.5	17
RN3	380	486	235	102	362	400	241	159	97	1/106	26.5	35

Anexo II
Tendido Eléctrico
Media tensión.

4.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto contempla el cálculo, dimensionamiento y distribución de un tendido eléctrico de media tensión en 13,2 kV, que vinculará eléctricamente las estaciones de bombeo ubicadas en las calles 371 y 417, correspondiente a la obra del proyecto **"NEXO DE RED DE AGUA POTABLE. PROGRAMA FEDERAL PLURIANUAL DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS, GENERAL PICO – 6000 VIVIENDAS – 2° ETAPA"**, ubicado en la ciudad de General Pico, provincia de La Pampa. La misma tendrá una longitud aproximada de seiscientos veinte (620) metros, donde se colocarán dos subestaciones transformadoras de 10 kV.A cada una, la primera situada al comienzo de la línea y la segunda al final, (ver PLANO Nº 14 del ANEXO V).

Para el tramo A-B se colocará cable subterráneo normalizado, para el tramo B-C será una línea Simple Terna, con disposición coplanar horizontal de conductores, montados sobre ménsulas.

Se preverá la instalación de medidores para cada estación de bombeo, así como también de las protecciones correspondientes a cada bajada de las subestaciones transformadoras que alimentarán las estaciones de bombeo.

Se debe garantizar el normal funcionamiento de todo el conjunto, los cuales estarán en concordancia con las reglamentaciones vigentes, de manera tal que quede garantizada la seguridad de las personas y el funcionamiento óptimo del sistema.

4.2 MEMORIA TÉCNICA

4.2.1 Cálculo de conductores.

4.2.1.1 Conductor subterráneo.

El conductor de energía en el tramo A-B será del tipo unipolar subterráneo de cobre, aislación en XLPE de 35 mm^2 de sección nominal. Responderá a la norma IRAM 2178 en concordancia con las normas internacionales IEC 60502. Dicho conductor cumplirá con los requerimientos de caída de tensión y corriente máxima admisible.-

4.2.1.2 Conductor aéreo.

El conductor de energía en el tramo B-C será de aleación de aluminio (Al/Al) de 25 mm^2 de sección nominal. Responderá a la norma IRAM 2212, en concordancia con las normas internacionales IEC 208, UNE 21042, CEI 7-2. Dicho conductor cumplirá con los requerimientos de caída de tensión y corriente máxima admisible.

4.2.1.3 Conductor de Baja Tensión.

El conductor de energía que conecta eléctricamente el transformador y el pilar es un cable tetrapolar subterráneo de cobre con aislación en XLPE de 6 mm^2 de sección nominal, ya que es la mínima sección que el ente regulador permite colocar. El mismo responde a la norma IRAM 2178.

Dicho conductor cumple con los requerimientos de caída de tensión y corriente máxima admisible.

4.2.2 Estructuras.

Las estructuras de suspensión (sostén) serán del tipo monoposte de eucalipto, del tipo **11/400/12** (11 metros de altura, 400 kg de carga de rotura y 12 cm de diámetro en la cima), con ménsulas del mismo material, tipo MN111 (ver PLANO Nº 17 y PLANO Nº 17b del ANEXO V).

Las estructuras terminales serán de hormigón armado del tipo **11R2550C26**, con ménsulas del mismo material y una base también de hormigón de 1,5 m x 1,5 m x 1,6 m (ver PLANOS Nº 15 y PLANO Nº16 del ANEXO V).

4.2.3 Tipo de aislamiento.

Los aisladores de los sostenes serán de porcelana MN 3 y en los terminales se colocarán cadenas orgánicas para una tensión nominal de 13,2 kV.-

4.2.4 Vano de cálculo.

Los cálculos para el tramo B-C se efectuaron con un vano de 77,5 metros.-

4.2.5 Protecciones.

Fusibles.

Para proteger la línea, se instalarán seccionadores fusible marca Metal-ce modelo XS 1020, con fusibles de 0,75 A, y se colocarán descargadores de sobre tensión poliméricos de 15 -10 kA.

Para la protección en baja tensión se dispondrá de fusibles tipo Cavanna, modelo IFN 10 de 10 A, de tensión nominal 380 V, con porta fusible de la misma marca, modelo DPAV vertical.

Descargadores de Sobretensión.

Se colocarán para proteger las subestaciones transformadoras descargadores de sobretensión de 15 kV-10kA.

4.2.6 Subestaciones Transformadoras

Se colocaron dos transformadores de 10 kV.A cada uno de la marca Tecno Electro a una altura aproximada de 4,5 metros.

Un transformador se instalará en el poste terminal ubicado al final de la línea en el pozo de bombeo Nº 1.

Otro se instalará en el poste terminal del principio de la línea, ubicado en la calle 36 y ruta provincial 101 en cercanías del pozo Nº 2.

En ambos transformadores se colocaron los elementos de protección tal y como lo indica la norma, así como también sus respectivas puestas a tierra. Se modificó el lugar los descargadores de sobretensión, éstos se colocarán sobre la cuba de los transformadores, por recomendación de la empresa prestataria, ya que de esta manera su protección es de forma más eficiente. En el PLANO Nº 15a y PLANO Nº16a del ANEXO V se muestra detalles de cada subestación.

4.2.7 Puesta a Tierra

Para la puesta a tierra de las subestaciones transformadoras se realiza según **REGLAMENTACIÓN DE LINEAS AEREAS EXTERIORES DE MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSION AEA 95301**.

En cada subestación transformadora, pilar de energía y la conexión de la línea de 13,2 kV a la existente se colocaron sus respectivas puestas a tierra.

Las subestaciones tienen las puesta a tierra de servicio y las puesta tierra de protección, cada una ubicada a 10 metros del poste de hormigón y enfrentadas a 20 metros entre sí. Cada jabalina está enterrada a una profundidad de 12 metros.

El ente prestatario del servicio eléctrico, que rige dentro de la zona donde está ubicada la línea eléctrica me exige como valores de resistencia para las puestas a tierra los siguientes.

Puesta a tierra de servicio……2 ohm
Puesta a tierra de protección……....2 ohm

Los valores de resistencia, para el poste terminal Nº 1 (calle 367 y ruta 101) tienen los siguientes valores:

Valores de puesta a tierra	
Puesta tierra	ohm
Servicio	1,7
Protección	1,8

Los valores de resistencia, el poste terminal Nº 2 (ubicado al final de la línea) tiene los siguientes valores:

Valores de puesta a tierra	
Puesta tierra	ohm
Servicio	1,8
Protección	1,9

Por último damos el valor de la puesta tierra de protección de la conexión de la línea a la existente sobre el poste que da a la ruta provincial 101 perteneciente al APE. El valor de puesta tierra es de 2.3 ohm. Ver PLANO Nº 20 del ANEXO V.

4.2.8 Cómputos de Materiales

A continuación se mostrarán las tablas con los diferentes materiales para la construcción de la línea

Materiales poste sostén Eucalipto	
Cantidad	**Descripción**
7	Poste madera tratada eucalipto 11/400/12
11	Cruceta madera dura MN111
25	Aisladores Doble Campana MN3
25	Perno recto MN411
28	Atadura reforzada para MN3 cond acero
22	Brazo corto MN41
22	Bulón cincado MN49
7	Bulón cincado MN51
7	Bulón cincado MN59
21	Chapa cuadrada chica MN84
28	chapa freno 13 mm Q96
21	chapa freno 17 mm Q97

Materiales poste terminal HºAº	
Cantidad	**Descripción**
2	poste Hº Aº 11R2550C26
2	Cruceta Hº Aº de 180 cm. de retención
6	Aisladores Polimérico HL4
6	Retenciones MR
6	Horquilla Terminal MN222
4	Grampa Puesta a tierra MN 80
4	Bloquete HºGº
100 [m]	Cable desnudo 35 mm2
2	Cruceta Hº Gº

Materiales protección	
Cantidad	**Descripción**
12	Descargadores **Metal-Ce** 15kV-10kA
9	Seccionadores **Metal-Ce** modelo XS **1020**
3	Fusible de MT de 0.75 A
6	Fusibles de MT de 0.5 A
6	Porta fusibles cavanna modelo DPAV vertical
6	Fusibles cavanna modelo IFN 10 de 10 A

El conductor subterráneo: 229 metros de conductor unipolar subterráneo de cobre, aislación en XLPE de 35 mm^2 13,2 kV Cat 2.

Conductor aéreo.

El conductor de energía aéreo: 1950 metros de conductor de Aleación de Aluminio (Al/Al) de 25 mm^2 de sección nominal.

Conductor de Baja Tensión.

El conductor subterráneo de baja tensión: 16 metros cable tetrapolar subterráneo de cobre, aislación en XLPE de 6 mm^2.

4.2.9 Tabla de tendido eléctrico para un vano de 77,5 metros

Temp [ºC]	tensión [kgf/mm2]	tiro [kg]	flecha [m]	t 10 retor. [s]	A	B
10	5,30	134,65	0,385	11,2	-4,905	11,072
11	5,18	131,61	0,394	11,3	-4,767	11,072
12	5,06	128,60	0,403	11,5	-4,629	11,072
13	4,94	125,62	0,412	11,6	-4,491	11,072
14	4,83	122,67	0,422	11,7	-4,353	11,072
15	4,71	119,76	0,433	11,9	-4,215	11,072
16	4,60	116,89	0,443	12,0	-4,077	11,072
17	4,49	114,05	0,454	12,2	-3,939	11,072
18	4,38	111,25	0,466	12,3	-3,801	11,072
19	4,27	108,50	0,477	12,5	-3,663	11,072
20	4,16	105,79	0,490	12,6	-3,525	11,072
21	4,06	103,13	0,502	12,8	-3,387	11,072
22	3,96	100,53	0,515	13,0	-3,249	11,072
23	3,86	97,97	0,529	13,1	-3,111	11,072
24	3,76	95,47	0,543	13,3	-2,973	11,072
25	3,66	93,02	0,557	13,5	-2,835	11,072
26	3,57	90,64	0,572	13,7	-2,697	11,072
27	3,48	88,31	0,587	13,8	-2,559	11,072
28	3,39	86,05	0,602	14,0	-2,421	11,072
29	3,30	83,84	0,618	14,2	-2,283	11,072
30	3,22	81,71	0,634	14,4	-2,145	11,072
31	3,13	79,64	0,651	14,6	-2,007	11,072
32	3,06	77,63	0,667	14,8	-1,869	11,072
33	2,98	75,69	0,684	14,9	-1,731	11,072
10,5	5,24	133,13	0,389	11,3	-4,836	11,072
35	2,83	72,00	0,719	15,3	-1,455	11,072
36	2,76	70,26	0,737	15,5	-1,317	11,072
37	2,70	68,58	0,755	15,7	-1,179	11,072
38	2,64	66,96	0,774	15,9	-1,041	11,072
39	2,57	65,40	0,792	16,1	-0,903	11,072
40	2,52	63,91	0,811	16,3	-0,765	11,072
41	2,46	62,47	0,829	16,4	-0,627	11,072
42	2,40	61,09	0,848	16,6	-0,489	11,072
43	2,35	59,77	0,867	16,8	-0,351	11,072
44	2,30	58,50	0,886	17,0	-0,213	11,072
45	2,25	57,27	0,904	17,2	-0,075	11,072

4.3 MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se detallarán las hipótesis usadas para los cálculos, así como también las tablas y fórmulas teóricas que avalan la selección anteriormente enunciada.

4.3.1 Cálculo de caída de tensión:

Se desarrollará el cálculo de caída de tensión en los diferentes tramos de acuerdo a la reglamentación, con un máximo permitido del 5% de la tensión nominal, al transformador de alimentación más alejado.

Tramo A - B

La sección del cable a analizar es de 35 mm^2

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un} \cdot 100$$

Fórmulas utilizadas:

$$Pt = 20 \ [\text{kV.A}]$$

$$Pcal = 0.7 \cdot Pt$$

$$\text{I} = \frac{Pcal}{\sqrt{3} \cdot U} = 0.612 \ [\text{A}]$$

$$\text{Z=R}(\Omega/\text{km}) \times \cos\varphi + \text{X}(\Omega/\text{km}) \cdot sen\varphi$$

$$X = \omega L$$

Resultados:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z \Rightarrow \Delta U = \sqrt{3} \cdot 0.61 \cdot 0,05 \cdot 1,77 = 0.093 \ [\text{V}]$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un} \cdot 100 \Rightarrow \Delta U\% = 7,04\text{x}10^{-4}\%$$

Tramo B - C

La sección del cable a analizar es de 25 mm^2

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un} \cdot 100$$

Fórmulas utilizadas:

$$Pt = 10 \ [\text{kV.A}]$$

$$Pcal = 0,7 \cdot Pt$$

$$\text{I} = \frac{Pcal}{\sqrt{3} \cdot U} = 0.306 \ [\text{A}]$$

$$Z = R(\Omega / \text{km}) \cdot \cos\varphi + X(\Omega / \text{km}) \cdot sen\varphi$$

$$X = \omega L$$

$$L = \left[\frac{\mu}{2n} + 4,6 \cdot \log\left(\frac{D}{r'} \right) \right] \times 10^{-4} \left[\frac{H}{km} \right]$$

Resultados:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z \Rightarrow \Delta U = \sqrt{3} \cdot 0.306 \cdot 0,650 \cdot 1,3 = 0.447 \text{ [V]}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un} \cdot 100 \Rightarrow \Delta U\% = 0,0033 \ \%$$

Sumando las dos caídas:

$$\Delta U_{tot} = \Delta U + \Delta U = 0,0033 + 7,04\text{x}10^{-4} = 4,004\text{x}10^{-3}\%$$

Como conclusión los cables verifican.

4.3.1.2 Baja Tensión.

A continuación se calculará la línea de baja tensión que alimentará las estaciones de bombeo.

Fórmulas utilizadas:

$$P = 2 \text{ hp}$$

$$P_{cal} = 1492 \text{ W}$$

$$\text{I} = \frac{P_{cal}}{\sqrt{3} \cdot U_n .0,8} = 2,83 \cong 3 \left[\text{A}\right]$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z \Rightarrow \Delta U = \sqrt{3} \cdot 3 \cdot 0,1 \cdot 7,352 = 3,82 \text{ [V]}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un} \cdot 100 \Rightarrow \Delta U\% = 1 \%$$

Utilizando un cable tripolar de 2,5 mm^2 verifica.

4.3.2 Elección de los postes.

4.3.2.1 Zona climática.

La línea se encuentra dentro de la zona climática B, según la especificación del **REGLAMENTO TÉCNICO Y NORMAS GENERALES PARA EL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE OBRAS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL.** Las hipótesis de cálculo corresponden a dicha zona climática.

4.3.2.2 Cálculo mecánico del conductor.

Se desarrollará el cálculo mecánico del conductor de acuerdo con las especificaciones de la reglamentación previamente enunciada.

4.3.2.3 Hipótesis de estados atmosféricos.

Es de aplicación a la zona climática B según la especificación del **REGLAMENTO TÉCNICO Y NORMAS GENERALES PARA EL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE OBRAS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL.**

La **zona B** incluye las provincias de Córdoba, San Luís, La Pampa, Mendoza y partes de las provincias de San Juan y La Rioja ubicadas al sur del paralelo 30º.

4.3.3 Tensiones específicas máximas de trabajo

De acuerdo con la reglamentación, se establecen los valores admisibles para los conductores de aleación de aluminio de 25 mm^2 de sección.

Para el estado de temperatura media anual, el valor de referencia adoptado es el de 4,6 $\frac{kg}{mm^2}$. Se calcula entonces tomando como estado básico el Nº 5 y a partir de éste calculamos los otros estados. En la tabla 1.3 se detallan los diferentes estados correspondientes a la zona B.

4.3.4 Altura libre mínima.

A los efectos de aplicación de las alturas mínimas, serán adoptadas las siguientes definiciones:

a) **Zona urbana:** Zonas o centro fraccionados en manzana. A tal fin se define como manzanas a las fracciones limitadas por calle con superficie no mayor a 1,5 hectáreas.
b) **Zona rural**: quedan definidas como tal las zonas no comprendidas en la definición anterior.

Requisito

La altura libre y las distancias verticales a otros elementos deberán ser determinadas con la hipótesis de cálculo que arroje la máxima flecha vertical.

Para distancia horizontal considere el estado de máxima componente horizontal.

La siguiente tabla nos muestra las alturas mínimas a considerar:

Ciudades y poblaciones de más de 2000 habitantes	
La altura mínima de los conductores en zona o centro fraccionados en manzana	
33 kV	8,5 metros
13,2 kV	8 metros
neutro	6,5 metros
Poblaciones rurales con menos de 2000 habitantes	
33 kV	8 metros
13,2 kV	8 metros
neutro	6,5 metros
Rural	
33 kV	6 metros
13,2 kV	5,5 metros
neutro	4,5 metros

Tabla 1.1

4.3.5 Cargas y presiones de viento sobre los conductores

El cálculo de las cargas que origina el viento sobre los conductores se determina a partir de la ecuación:

$$V = K \cdot C \cdot q \cdot F$$

Dónde:

V = Fuerza del viento en dirección horizontal. $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right]$

K = Coeficiente que contempla la desigualdad de la velocidad del viento a lo largo del vano

$$V_{viento} < 30\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] \Rightarrow K = 0,85$$

$$V_{viento} > 30\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] \Rightarrow K = 0,7$$

C = coeficiente que sale de tabla 1.1

q = $\left[\frac{(V_{viento})^2}{16}\right]$ presión dinámica del viento $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$

F = superficie expuesta al viento $\left[\text{m}^2\right]$

Elemento estructural	Coeficiente C
Conductores y cable de guardia	1,1
Elementos cilíndricos de estructuras	0,7
Postes dobles de madera, de caños tubulares de acero de hormigón armado de sección circular	
a) En el plano de la estructura: Parte de la estructura expuesta al viento Parte de la estructura en la sombra del viento: 1) para a< 2 dm. 2) para a = 2 dm hasta a = 6 dm 3) para a > 6 dm	 0,7 ////////////////// 0,35 0,7
b) Normal al plano de la estructura siendo la distancia al eje a < 2 dm	 0,8
Elementos planos de estructuras	1,4

Tabla 1.2 - Coeficiente de presión dinámica

Estados	Temperatura	Velocidad del Viento	Espesor Manguito de hielo
1) T máx.	45	0	0
2) T min.	-15	0	0
3) T.	10	120	0
4) T.	-5	50	0
5) T. m. a.	16	0	0

Tabla 1.3

4.3.6 Cálculo de los estados básicos.

	Temp. [ºC]	vel viento [km/h]	ρo [kgf/m]	ρv [kgf/m]	ρ total [kgf/m]	σ [kgf/mm2]	f [m]
1	45	0	0,069	0	0,069	2,25	0,904
2	-15	0	0,069	0	0,069	8,51	0,22
3	10	120	0,069	0,369	0,375	8,97	1,236
4	-5	50	0,069	0,072	0,1	7,40	0,398
5	16	0	0,069	0	0,069	4,60	0,443

Tabla 1.4

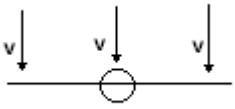
4.3.7 Cálculo de las estructura en suspensión simple (sostén)

4.3.7.1 Consideraciones iniciales:

Se considera las hipótesis detalladas a continuación indicadas en la reglamentación.

4.3.7.2 Hipótesis 1 a)

Carga del viento máximo en dirección perpendicular a la línea sobre cables en ambos semivanos adyacentes, sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios



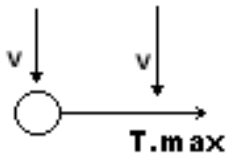
4.3.8 Cálculo de las estructura terminales

4.3.8.1 Consideraciones iniciales:

Se considera las hipótesis detalladas a continuación indicada en la reglamentación.

Hipótesis 5 a)

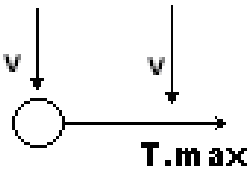
Tiro máximo de todos los cables, simultáneamente carga del viento correspondiente al estado de solicitación máxima de los conductores, sobre cables en el semivano adyacente, sobre poste, cruceta, aisladores, y accesorios en dirección perpendicular a la línea.-



Hipótesis 5 b)

Tiro de todos los cables correspondientes al estado del viento máximo y simultáneamente carga del viento máximo sobre cables en el semivano adyacente, sobre postes, crucetas, aisladores y accesorios en dirección perpendicular a la línea.-

NOTA: si el vano es mayor que el crítico, las hipótesis 5a) y 5b) son coincidentes.



4.3.9 Altura y esfuerzo máximo poste sostén.

Teniendo en cuenta lo expresado por la reglamentación, usamos la siguiente expresión:

$$hp = hl_{\min} + f_{\max} + e + 0{,}10 - 0{,}15 \text{ [m]}$$

$$e = \frac{hp}{10} + 0{,}6 \text{ [m]}$$

Dónde:

$hp =$ Altura del poste.

$hl_{\min} =$ Altura libre mínima tabla 1.1.

$f_{\max} =$ Flecha máxima s/viento tabla 1.4.

$e =$ Empotramiento.

0,10 = diferencia entre cima del poste/cruceta.

0,15 = Altura del aislante.

Como conclusión se obtuvo para el poste sostén una altura de 11 metros con un empotramiento mínimo de 1,7 m.

Para el cálculo de los esfuerzos se usó que:

$$Ft = Fv + Fvc + Facc$$

Dónde:

$Ft =$ Esfuerzos totales.

$Fv =$ Fuerza del viento en el poste.

$Fvc =$ Fuerza del viento en los conductores.

$Facc =$ Fuerza del viento en el accesorio (suponemos 10 kg).

$$Fv = 1 \cdot 0{,}7 \cdot \frac{(33{,}33)^2}{16} \cdot 9{,}05 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0{,}12 + 0{,}192}{6} \right) = 31{,}66 \text{ [kg]}$$

$$Fvc = 0{,}369 \cdot 3 \cdot 77{,}5 = 85{,}79 \simeq 86 \text{ [kg]}$$

Con lo cual los esfuerzos totales son:

$$Ft = 31{,}66 + 86 + 10 = 127{,}66 \simeq 128 \text{ [kg]}$$

Con este esfuerzo utilizo un coeficiente de seguridad de 2.5

$$F_{cima} = 128 \cdot 2{,}5 = 320 \text{ [kg]}$$

Para cumplir con los requerimientos se eligió un poste sostén de madera de eucalipto 11/400/12 esto quiere decir 11 metros de altura 400 kg la carga de rotura y 12 cm de diámetro en la cima.

4.3.10 Altura y esfuerzo máximo en terminales.

Teniendo en cuenta lo expresado por la reglamentación, usamos la siguiente expresión:

$$hp = hl_{\min} + f_{\max} + e$$

$$e = \frac{hp}{11}$$

Dónde:

$hp =$ Altura del poste.
$hl_{\min} =$ Altura libre mínima tabla 1.1.
$f_{\max} =$ Flecha máxima s/viento tabla 1.4.
$e =$ Empotramiento.

Como conclusión se obtuvo para el poste Terminal una altura de 11 metros con un empotramiento mínimo de 1 metro.

Nota: no se tiene en cuenta los pesos de los transformadores que si se verán en el cálculo de la estructura.

Para el cálculo de los esfuerzos se usó que:

$$Ft = Fvp + Fvc + Facc + Fvt$$

$$\vec{\mathrm{Re}} = \vec{Ft} + \vec{Ft}_{\max}$$

$$\mathrm{Re} = \sqrt{Fvt^2 + Ft_{\max}{}^2}$$

Dónde:

$Ft =$ Esfuerzos totales.
$Fvp =$ Fuerza del viento sobre el poste de HºAº.
$Fvc =$ Fuerza del viento en los conductores.
$Fvt =$ Fuerza del viento sobre los transformadores.

$Facc =$ Fuerza del viento en accesorios (suponemos 20 kg)
$Ft\,\max =$ Tiro máximo de los conductores
$\mathrm{Re} =$ Resultante de los esfuerzo aplicada a la cima del poste

$$Fvp = 1 \cdot 0,7 \cdot \frac{(33,33)^2}{16} \cdot \frac{(2\phi_c + \phi_e)}{6} \cdot 9,55 = 71,41 \text{ [kg]}$$

$$Fvt = 1 \cdot 0,7 \cdot \frac{(33,33)^2}{16} \cdot (0,70 \cdot 0,40) \simeq 13,6 \text{ [kg]}$$

$$Fvc = 0.369 \cdot 3 \cdot 77,5 \simeq 86 \text{ [kg]}$$

$$Ft \simeq 171 \text{ [kg]}$$

$$Ft_{\max} = (\sigma \cdot Sr) \cdot 3 \simeq 688 \text{ [kg]}$$

$$\mathrm{Re} = \sqrt{Fvt^2 + Ft_{\max}{}^2}$$

$$\mathrm{Re} = 709 \text{ [kg]}$$

Tomando un coeficiente de seguridad de 2,5 (es el coeficiente que me exigió el ente regulador) la tensión de cálculo es de 1772,3 kg.

Se obtuvo como resultado que para cumplir con los requerimientos se elegirá un poste terminal de hormigón armado 11R2550C26 esto quiere decir 11 metros de altura 2550 kg carga de rotura y 26 cm de diámetro en la cima.

4.3.11 Empotramiento y fundaciones de los soportes

4.3.11.1 Método de cálculo:

Las longitudes de los soportes simplemente empotrados y las dimensiones de las fundaciones serán calculadas para terreno blando por el método de POHL y MOHR y para terrenos rígidos por el método de SULZBERGER.

4.3.11.2 Coeficiente de seguridad al vuelco:

En los soportes simplemente empotrados o fundados, se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre los momentos estabilizadores mínimo y el momento volcador máximo motivado por las

reacciones externas. El coeficiente de seguridad no será inferior a los prescriptos por el método de Sulzberger para terreno rígido y para los restantes.

Hipótesis normales…….1,5.
Hipótesis excepcionales……1,2.

Cálculo de estructura y verificación del poste sostén:

Datos:

$$\gamma = 1700 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

$$G = 1{,}4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right]$$

$$\text{C}_\text{t} = 5{,}1 \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^3}\right]$$

$$\mu = 0.4$$

Se utilizaron las siguientes expresiones para una estructura directamente enterrada sin fundación.

$$tg(\alpha_1) = \frac{8.8 \cdot \mu \cdot G}{d \cdot t^2 \cdot C_t}$$

$$tg(\alpha_2) = \frac{\sqrt{2} \cdot G}{a^3 \cdot C_b}$$

$$G_t = \gamma_t \cdot \left(\left(\frac{\pi \cdot t}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) \right) - \left(\frac{\pi \cdot t \cdot d^2}{4} \right) \right)$$

$$D = 2 \cdot t \cdot \tan\beta + d$$

$$M_s = \frac{d \cdot t^3 \cdot C_t}{52{,}8} \tan\alpha$$

$$M_v = F \cdot \left(H_{libre} + \frac{2}{3} \cdot t \right)$$

$$M_b = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cdot C_b \cdot \tan\alpha$$

$$S \cdot M_v \leq (M_s + M_b)$$

Datos del suelo	
Naturaleza del terreno	Arcilla medio dura seca
Peso específico (γ) [daN/m^3]	1700
Presión admisible (σ) [daN/m^2]	14000
Índice de compresibilidad (C_{t2})* [daN/m^3]	5100000
Índice de compresibilidad (C_t)** [daN/m^3]	4972500
Índice de compresibilidad (C_b)** [daN/m^3]	4972500
Ángulo de la tierra gravante vegetable (ß) [º]	8
Ángulo de la tierra gravante movido (ß) [º]	6
Ángulo de fricción interna (s) [º]	25
Coeficiente de la fricción entre terreno y hormigón (μ)	0,4

(*) El índice de compresibilidad se refiere a la profundidad de 2m.
(**) Este índice de compresibilidad se refiere a la profundidad de empotramiento.

Datos del Poste	
Denominación IRAM	11/400/12
Fuerza en la cima [daN]	140
Altura libre del poste [m]	9,3
Longitud de empotramiento [m]	1,95
Diámetro del poste en el empotramiento. [m]	0,19
Peso del poste [daN]	180

Datos de la Fundación	
Peso específico de la fundación [daN/m^3]	0
Dimensión "d" [m]	0,216
Dimensión "D" [m]	0,764
Longitud de empotramiento [m]	1,95
Altura de la base "*t*" [m]	1,95

Gacc [daN]	G_t [daN]	G_p [daN]	G_{total} [daN]	Tg(α_1)	Tg(α_2)	M_v [daN.m]
50	568,97	180	798,97	0,0007	0,0813	1484,00

M_s [daN.m]	M_b	M_s/M_b	$(M_s+M_b)/Mv$	s*Mv<(Ms+Mb)	
1508,34	5,313	283,88	2,04	1484	1513,65

Verificándose que con un poste directamente enterrado a 1,95 m de profundidad el momento de vuelco es menor a los momentos estabilizantes.

4.3.11.3 Cálculo de estructura y verificación del poste terminal

Datos

$$\gamma = 1700 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

$$G = 1{,}4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right]$$

$$\text{C}_\text{t} = 5{,}1 \left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^3}\right]$$

$$\mu = 0{,}4$$

Se utilizaron las siguientes expresiones para una estructura con fundación.

$$G_t = \left\{\frac{t}{3}\cdot\left[a\cdot b + \left(a + 2\cdot t\cdot tg\left(\beta\right)\right)\cdot\left(b + 2\cdot t\cdot tg\left(\beta\right)\right) + \sqrt{a\cdot b\cdot\left(a + 2\cdot t\cdot tg\left(\beta\right)\right)\cdot\left(b + 2\cdot t\cdot tg\left(\beta\right)\right)}\right] - t\cdot a\cdot b\right\}\cdot\gamma_t$$

$$G_f = \left[a\cdot b\cdot t - \frac{\pi\cdot d_{emp}^2\cdot l_{emp}}{4}\right]\cdot\gamma_h \qquad tg\left(\alpha_1\right) = \frac{4{,}5\cdot\mu\cdot G}{a\cdot t^2\cdot C_t} \qquad tg\left(\alpha_2\right) = \frac{\sqrt{2}\cdot G}{a^3\cdot C_b}$$

$$M_v = F\cdot\left(H + \frac{2}{3}\cdot t\right) \qquad M_s = \frac{\sqrt{2}\cdot a\cdot t^3\cdot C_t\cdot 0{,}01}{36} \qquad M_b = G_t\cdot\left(0{,}707\cdot a - \frac{1}{2}\cdot\sqrt[3]{\frac{3\cdot G_t}{C_b\cdot 0{,}01}}\right)$$

Datos del suelo	
Naturaleza del terreno	Arcilla medio dura seca
Peso específico (γ) [daN/m^3]	1700
Presión admisible (σ) [daN/m^2]	14000
Índice de compresibilidad (C_{t2})* [daN/m^3]	5100000
Índice de compresibilidad (C_t)** [daN/m^3]	3697500
Índice de compresibilidad (C_b)** [daN/m^3]	3697500
Ángulo de la tierra gravante vegetable (ß) [º]	8
Ángulo de la tierra gravante movido (ß) [º]	6
Ángulo de fricción interna (s) [º]	25
Coeficiente de la fricción entre terreno y hormigón (μ)	0,4

(*) El índice de compresibilidad se refiere a la profundidad de 2m.
(**)Este índice de compresibilidad se refiere a la profundidad de empotramiento.

Datos del Poste	
Denominación IRAM	11R2250C26
Fuerza en la cima [daN]	708
Altura libre del poste [m]	9,55
Longitud de empotramiento [m]	1,25
Diámetro del poste en el emp. [m]	0,42
Peso del poste [daN]	1750
Peso de los accesorios [daN]	500

Datos de la Fundación	
Peso específico de la fundación [daN/m^3]	2000
Dimensión "*a*" [m] (*)	1,5
Dimensión "*b*" [m] (**)	1,5
Longitud de empotramiento [m]	1,25
Altura de la base "*t*" [m] (***)	1,45

(*) Para determinar el ancho de la base se presupone un espesor mínimo de la base de 0,15m y un espesor del sello de 0,05m.
(**) Se presupone una base de sección cuadrada
(***) Para determinar la altura de la base se presupone un espesor mínimo del piso de 0,2. El espesor del mismo no deberá ser mayor que 1/3 de la altura total de la fundación.

G_f [daN]	G_t [daN]	G_p [daN]	G_{total} [daN]	Tg(α_1)	Tg(α_2)
6183,57	1643,472	2250	10077,043	0,0015555	0,001142

M_v [daN.m]	M_s [daN.m]	M_b	M_s/M_b	$(M_s+M_b)/M_v$	s*Mv<(Ms+Mb)	
7445,80	6642,26	5975,284	1,11	1,69	11168,7	12617,54

Verificándose que con una base de 1.5 m x 1.5 m x 1,45 m de profundidad y el poste enterrado a 1,25 metros de profundidad el momento de vuelco es menor al momento estabilizante.

4.3.12 Verificación de la carga máxima del terreno.

4.3.12.1Método de cálculo.

Se comprobará que la carga máxima que el soporte simplemente empotrado o fundado transmite al terreno, no exceda los valores fijados en la tabla suministrada por el presente reglamento, teniendo en cuenta la característica del terreno.

4.3.12.2Verificación de la presión admisible:

Se debe verificar que la suma totales de todos los elementos correspondiente a cada terminal no exceda el máximo permitido por el suelo para esto se sumó todos los pesos de los accesorio.

Presión Admisible del terreno 14000 $\frac{kg}{m^2}$

Datos de la fundación		
Profundidad (t)	**1,45**	**m**
Lado (a)	**1,50**	**m**
Lado (b)	**1,50**	**m**
Peso	**6524,97**	kg

Peso total [daN]	Presión ejercida [daN/m2]	Presión admisible [daN/m2]
8775	3899,984825	14000

Se verifica que la presión total es menor que la admisible del terreno.

4.3.13 Distancias eléctricas

Para la determinación de las distancias eléctricas entre conductores nos basamos en la reglamentación enunciada anteriormente.

4.3.14Distancia entre fases

Para determinar la distancia mínima entre conductores al centro del vano empleamos la siguiente expresión:

$$d = k\sqrt{f + l_c} + \frac{Un}{150}$$

Dónde:

d = separación entre conductores en el centro del vano. [m]

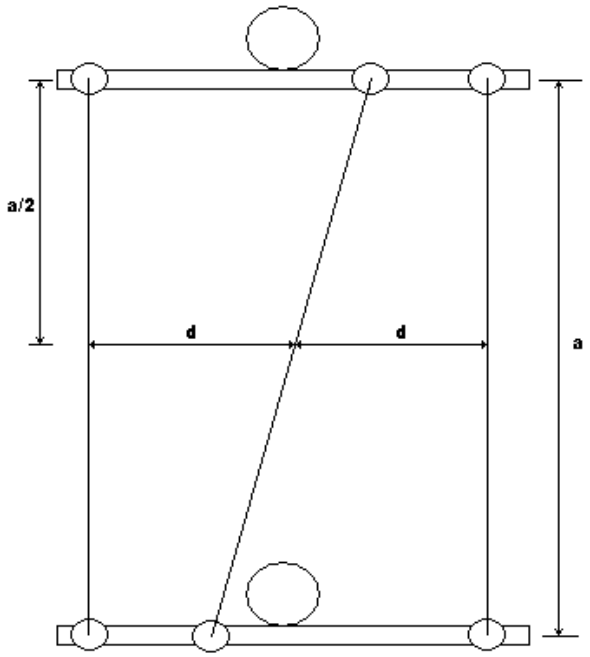
k = Factor dependiente del ángulo de inclinación de los conductores en el viento, este factor sale de la tabla 1,2.

f = Flecha máxima de los conductores sin viento.

lc = largo de la cadena de aisladores [m]

Un = Tensión nominal de la línea [kV]

Nº	1	2	3	4	5	6
1	Angulo de oscilación de los conductores con el viento	Grado	más de 65º	más de 55º hasta 65º	más de 40º hasta 55º	40º y menos
2	Conductores dispuesto a discreción uno encima del otro	Factor k	0,95	0,85	0,75	0,7
3	Conductores dispuesto en triángulo equilátero con dos al mismo nivel arriba o abajo	Factor k	0,75	0,7	0,65	0,62
4	Conductores dispuestos al mismo nivel uno al lado del otro	Factor k	0,7	0,65	0,62	0,6



4.3.15 Cálculo de la distancia mínima

Datos:

Fmax sin viento = 0,966 m.

Un (tensión nominal) = 13,2 kV.

Angulo de oscilación $\tan\alpha = \frac{\rho_v}{\rho_0} = 79,5^o \Rightarrow k = 0,7$

Conclusión:

La distancia mínima al centro del vano será de 0,775 m.

4.3.16 Cálculos de las Protecciones

A continuación se calcularan las protecciones de la línea.

4.3.17 Fusibles.

Para el cálculo de los fusibles que serán ubicados en la línea se dividirá en tres partes: al comienzo de la línea, donde interviene las dos subestaciones con

un consumo de 20 kV.A y después por cada subestación que tendrá como potencia 10 kV.A.

Cálculo con las 2 subestaciones (20 kV.A)

$$Pt = 20 \ [\text{kV.A}]$$

$$Pcal = 0,7 \cdot Pt$$

$$\text{I} = \frac{Pcal}{\sqrt{3} \cdot U} = 0,612 \ [\text{A}]$$

Cálculo con cada subestación (10 kV.A)

$$Pt = 10 \ [\text{kV} \cdot \text{A}]$$

$$\text{I} = \frac{Pt}{\sqrt{3} \cdot U} = 0,437 \ [\text{A}]$$

Como conclusión, se deberán colocar fusibles de 0,7 A para el inicio de la línea y para cada subestación fusibles de 0,5 A.

4.3.18 Descargadores de sobre tensión.

Se colocarán para proteger las subestaciones transformadoras descargadores de sobretensión de 15 kV-10 kA.

Anexo III
Tablero de comando
Pozo de Captación.

5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto contempla el cálculo, dimensionamiento y distribución de las protecciones y comando del motor eléctrico utilizado en las bombas sumergibles en ambas estaciones de bombeo ubicadas en las calles 371 y 417, correspondiente a la obra del proyecto "**NEXO DE RED DE AGUA POTABLE. PROGRAMA FEDERAL PLURIANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS, GENERAL PICO – 6000 VIVIENDAS – 2° ETAPA"**, ubicado en la ciudad de General Pico, provincia de La Pampa.

Se debe garantizar el normal funcionamiento de todo el conjunto, los cuales estarán en concordancia con las reglamentaciones vigentes, de manera tal que quede garantizada la seguridad de las personas y el funcionamiento óptimo del sistema.

5.2 MEMORIA TÉCNICA.

5.2.1 Conductores

El conductor de energía del tablero hasta el motor de la bomba sumergible será del tipo conductor flexible para bomba sumergible tetrapolar clase 4 de 1,5 mm^2 de sección nominal. Responderá a la norma IRAM 2158 tipo 2, cumplirá con los requerimientos de caída de tensión y corriente máxima admisible.-

5.2.2 Protecciones

Interruptores automáticos termomagnéticos

Deberán cumplir con las Normas IEC 60898 y/o IEC 60947-2.

La función de estos dispositivos es la protección de los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, evitando calentamiento excesivo en el aislante de los conductores y en los contactos.

Los mismos deberán tener todos los polos protegidos y tener aptitud de seccionamiento.

En los multipolares la conexión y desconexión de sus polos deberá ser simultánea.

Interruptores automáticos diferenciales

Los interruptores diferenciales ID cumplen con las Normas IEC60947-3.

La función de estos dispositivos es la protección de las personas contra contactos directos e indirectos de las partes que puedan tener tensión.

Contactores Tripolares.

Se dispondrán en ambos tableros contactores tripolares de 9 [A].

Relé Térmico

Estos dispositivos tripolares están diseñados para la protección y mando de motores, conforme a Normas IEC 947-4-1.

Relé de control.

Deberán cumplir con las Normas IEC 60255-6.

La función de estos dispositivos es la protección del circuito ante la ausencia de alguna fase, sobre tensión o subtensión en cualquiera de ellas

Timer digital

Se instalará en ambos tableros Timer digital con una corriente nominal de 2 [A] (AC-3) para una tensión nominal de 220 V.

Relés Nivel de pozo

La función de estos dispositivos es la protección de la bomba sumergible, ya que habilita o no el arranque del motor dependiendo si el nivel de líquido en el pozo de captación supera los límites mínimos.

P.L.C.

Para su monitoreo se dispondrá de P.L.C con el propósito de hacer un seguimiento del normal funcionamiento de los pozos, desde la central ubicada a varios km del lugar.

Radio.

Se utilizará para el monitoreo remoto una unidad de radio, que servirá de enlace entre el operario y el P.L.C

5.2.3 Selección de tableros.

Se elegirá un tablero de 450 x 450 x 150 mm, con 36 módulos DIN de 18 mm cada uno. Apto para disipar una potencia de 21 W.

5.2.4 Sistema de Puesta a Tierra

El sistema de puesta a tierra se realiza de forma similar en ambos pilares, teniendo en cuenta la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (Edición 2006) y Normas IRAM 2281 y sus partes-

Esquema de conexión a tierra

El esquema de conexión exigido para la instalación eléctrica con las presentes características es el TT. Para ver ubicación de electrodos dispersores ver PLANO Nº 23 del ANEXO V.

Toma a tierra de protección

Está formada por el conjunto de elementos que permiten vincular con tierra al conductor de puesta a tierra.

Para asegurar que el esquema sea TT, la toma de tierra de protección deberá estar alejada de la toma de tierra de servicio de la subestación, una distancia superior a diez (10) veces el valor del radio equivalente de la jabalina de mayor longitud, por este motivo la toma a tierra de protección se ubicará a una distancia de 10 m en dirección opuesta como se indica en el PLANO Nº 23 del ANEXO V.

El valor de la resistencia de puesta a tierra no deberá ser mayor a 40 Ω.

Electrodo de puesta a tierra

Se realizará una perforación en el terreno y se utilizará como electrodo un conductor desnudo de cobre de 35 mm^2 de sección (IRAM 2022 y 2004). Antes de dar por finalizada la instalación se deberá verificar, mediante un telurímetro, el valor de resistencia de puesta a tierra.

Cámara de inspección

Se dejará prevista una cámara de inspección para permitir el conexionado entre la toma de tierra y el conductor de puesta a tierra. Deberá poseer una tapa removible a fin de poder realizar inspecciones y mediciones periódicas. El conexionado de los elementos deberá efectuarse en una barra de cobre electrolítico con puentes removibles que permitan conectar y desconectar fácilmente los elementos, ver PLANO Nº 23 del ANEXO V.

Conductor de puesta a tierra

Es el conductor que unirá la toma o electrodo de tierra y la puesta a tierra del Tablero Principal. El conductor será de cobre aislado (IRAM NM 247-3) con sección de 25 mm^2.

Conductor de protección

La puesta a tierra de las partes conductoras accesibles (masas) se realizará mediante el conductor de protección (PE).

El mismo recorrerá desde el tablero hasta la bomba sumergible y no deberá interrumpirse en ningún punto de su recorrido.

5.3 MEMORIA DE CÁLCULO

5.3.1 Conductores

Para la determinación de secciones de conductores se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

1. Determinación de la corriente de proyecto (**I_B**)
2. Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible (**I_Z**)
3. Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección (**I_n**)
4. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga
5. Determinación de la corriente de cortocircuito máxima (**I''_k**)
6. Verificación de máxima exigencia térmica
7. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito (**$I_{k\ mín}$**)
8. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

5.3.2 Determinación de la corriente de proyecto (I_B)

Para la determinación de I_B se calculó la Demanda de Potencia Máxima Simultánea (**DPMS**).

Como ambos pozos tienen la misma bomba con el mismo motor y están ubicados a la misma distancia del pilar, se determinará el conductor para una sola bomba.

Para la determinación de la DPMS del tablero se utiliza el consumo del motor eléctrico (1,5 kW), verificándose la caída de tensión del conductor para régimen estacionario y también para el arranque.

$$I_B = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 380 \cdot \cos\varphi} = 2,68 \simeq 2,7 \text{ [A]}$$

5.3.3 Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible (I_Z)

De acuerdo a la I_B, elegiremos un conductor flexible para bomba sumergible tetrapolar clase 4 IRAM 2158 tipo 2 de 1,5 mm^2 de cobre, con una corriente admisible de 17,1 A.

Este valor fue afectado por el factor de corrección 0,95 para cable flexible según la reglamentación.

5.3.4 Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección (In)

La $\mathbf{I_n}$ de los motores se seleccionó de manera que sea: $\mathbf{I_B \leq I_n \leq I_Z}$.
Con lo cual se elegirá una $I_n = 10$[A].

5.3.5 Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga

Los interruptores automáticos seleccionados, son de la marca Merlin Gerin, los cuales cumplen con las Normas IEC 60898.

Esto nos garantiza que:

$\mathbf{I_2}$= 1,45 $\mathbf{I_n}$, para $I_n \leq 63$ A (tiempo convencional 1 hora)

$\mathbf{I_2}$= 1,45 $\mathbf{I_n}$, para $I_n > 63$ A (tiempo convencional 2 hora)

$\mathbf{I_2}$ = Intensidad de corriente de operación o disparo seguro.

Con lo cual se cumple que para una $\mathbf{I_n \leq I_Z}$, el dispositivo de protección verifica la actuación ante una sobrecarga.

5.3.6 Determinación de la corriente de cortocircuito máxima (I"$_k$)

Como se dijo anteriormente, en proximidades de la acometida de energía eléctrica, se instalará una subestación aérea de 10 kV.A.

En la siguiente tabla se muestran los valores de I''_k calculados en bornes del transformador y en cada tablero.

Para el cálculo de la I''_k en circuitos trifásicos se utilizó la siguiente expresión:

$$I''_k = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_k} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_k^{\,2} + X_k^{\,2}}} \quad (1)$$

Dónde:

c=factor de tensión (1.05 en el punto de falla)
U_n=tensión nominal del sistema en el punto de defecto
Z_k=impedancia de cortocircuito en valor absoluto

Calculo de I''_k del transformador

Se utiliza el siguiente desarrollo:

1. Impedancia de la red de alimentación Z_{Qt} compuesta por R_{Qt} y X_{Qt}

$$Z_{Qt} = \frac{c_Q \times U_{nQ}^2}{S''_{kQ}} \times \frac{1}{t_r^2}$$

$U_{nQ,}$	Tensión línea de lado AT
S_{kQ}	Potencia de cortocircuito
t_r	Relación de transformación

X_{Qt}=0,995 Z_{Qt}

R_{Qt}=0,1 X_{Qt}

2. Impedancia del transformador Z_T compuesta por R_T y X_T

$$Z_T = \frac{u_{krT}}{100\%} \times \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$$

U_{rT} Tensión línea de lado BT
S_{rT} Potencia asignada
U_{krT} tensión de cortocircuito asignada

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3 \times I_{rT}^2} = \frac{P_{krT} \times U_{rT}^2}{S_{rT}^2}$$

P_{krT} Potencia de pérdidas (%)

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

$R_k = R_{Qt} + R_T$

$X_k = X_{Qt} + X_T$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2}$$

Reemplazando Z_k en la expresión (1) obtenemos $I_k^{"}$

Cálculo de $I_k^{"}$ en el tablero principal

Como por tabla no podemos obtener el valor de $I_k^{"}$ se procedió de la siguiente manera:

$$I_{k'}^{"} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{k'}}$$

Con $Z_{k'} = \sqrt{(R_t + R_c)^2 + (X_t + X_c)^2}$

Donde R (Resistencia [Ω]) y X (Reactancia inductiva [Ω]).

En el caso de cables tripolares, dichos valores (R y X) están dados por el fabricante en Ω/km.

Se utilizará cable tripolar de 6 mm^2 de cobre, ya que es la mínima sección que el ente prestatario permite utilizar para la conexión del pilar con la subestación, para nuestro caso se instalará cable que cumpla con la norma IRAM 2178, XLPE.

A continuación se muestran las tablas con los valores obtenidos de acuerdo a los datos reales de cada transformador.

Datos Transformador 1	
$S_{kQ}^{"}$ [V.A]	300000000
U_{nQ} [V]	13200
U_{rT} [V]	400
S_{rT} [V.A]	10000
U_{krT} [%]	4,593
t_r [kV]	13,2/0,4
P_{krT} [W]	328,74
R_{cable} [ohm/km]	3,95
X_{cable} [ohm/km]	0,0901
l_{cable} [km]	0,009

Datos Transformador 2	
$S_{kQ}^{"}$ [V.A]	300000000
U_{nQ} [V]	13200
U_{rT} [V]	400
S_{rT} [V.A]	10000
U_{krT} [%]	4,657
t_r [kV]	13,2/0,4
P_{krT} [W]	327,62
R_{cable} [ohm/km]	3,95
X_{cable} [ohm/km]	0,0901
l_{cable} [km]	0,009

La corriente de cortocircuito en bornes de cada transformador da:

$$I_k^{"} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_k}$$

$$I_{ktrafo1}^{"} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 0,7353} \Rightarrow I_{ktrafo1}^{"} = 313,27 \text{ [A]}$$

$$I_{ktrafo2}^{"} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 0,7455} \Rightarrow I_{ktrafo2}^{"} = 308,97 \text{ [A]}$$

Sumando la impedancia del cable obtenemos la corriente de cortocircuito de cada pilar:

$$I_k^{"} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times (Z_k + Z_{cable})}$$

$$I_{kpilar1}^{"} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 0,7617} \Rightarrow I_{kpilar1}^{"} = 302,42 \text{ [A]}$$

$$I_{kpilar2}^{"} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 0,7715} \Rightarrow I_{kpilar2}^{"} = 298,57 \text{ [A]}$$

5.3.7 Verificación de máxima exigencia térmica

Se determina la sección mínima que deben tener los conductores para garantizar que ante un cortocircuito, la corriente sea interrumpida en un tiempo inferior al necesario para que el cable alcance su temperatura máxima admisible. Se utiliza la siguiente expresión:

$$k^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

Dónde:

S: Sección nominal del conductor (mm^2)
I_k: Valor eficaz de la intensidad de corriente de cortocircuito presunta (A)
t: Duración del cortocircuito (s)
k: Coeficiente que depende de las características del conductor (k=143, para conductor de cobre aislado con XLPE, tabla 771.19.II)

De la tabla 771-H.IX para pequeños interruptores de hasta 16 A clase 3 tipo C, sabemos que $I^2 \cdot t$ = 18000. Utilizando la sección de 6 mm^2

$$k^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t \rightarrow 73616,4 \gg 18000$$

Se verifica.

5.3.8 Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito ($I_{k\ mín}$)

Para la verificación de la longitud máxima de circuitos, que asegura la actuación instantánea de la protección asociada a dicho circuito en caso de cortocircuito, se verificará si, en el extremo del circuito, o sea en la bomba sumergible, I_k es mayor a 10 veces la I_n del interruptor termomagnético asociado curva C.

Para dicha verificación se calculará de la siguiente manera, teniendo la corriente de cortocircuito en el tablero, se le sumará la impedancia del cable seleccionado para una longitud de 20 m.

$$I''_{k\min} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{k'}}$$

Con $Z_t = \sqrt{(R_t + R_c)^2 + (X_t + X_c)^2}$, la impedancia en el extremo más alejado en cada tablero.

Trabajando a la frecuencia nominal 50 Hz tenemos una resistencia eléctrica de 13,3 $[\Omega]$ y una reactancia de 0,108 $[\Omega]$ con lo cual, si calculamos la corriente de cortocircuito en ambos tableros tenemos que.

$$Z_{t1} = \sqrt{(0,561+0,266)^2 + (0,514+0,00216)^2}$$

$$Z_{t2} = \sqrt{(0,559+0,266)^2 + (0,53+0,00216)^2}$$

$$I''_{k\min 1} = 236,30 \qquad I''_{k\min 2} = 234,64$$

Se observa que en ambos casos la corriente de cortocircuito mínima supera ampliamente 10 veces la I_n de 10 A.

5.3.9 Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

Para los cálculos de caída de tensión en régimen, se utilizó la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z$$
$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un} \cdot 100$$

Formulas usadas:

$$Pcal = 1,5 \text{ kW}$$
$$\mathrm{I} = \frac{Pcal}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = 2.68 \rightarrow I = 2,7 \ [\mathrm{A}]$$
$$\mathrm{Z}=\mathrm{R}(\Omega/\mathrm{km})\times\cos\varphi+\mathrm{X}(\Omega/\mathrm{km}) \cdot sen\varphi$$
$$X \cdot sen\varphi = 0$$

El $\cos\varphi$ utilizado es el de la carga, que en nuestro caso es de 0,84 según especificaciones del motor marca Franklin Electric trifásico.

Resultados:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z \Rightarrow \Delta U = \sqrt{3} \cdot 2,7 \cdot 0,02 \cdot 11,17 = 1,044 \text{ [V]}$$

$$\Delta U = \frac{380 \cdot 5}{100} \Rightarrow \Delta U = 19 \text{ [V]}$$

como $19 \gg 1,044$. Verifica

Durante el arranque se considera según la reglamentación una corriente de arranque 8 veces la corriente nominal y un $\cos\varphi$ de 0,3. Con esto volvemos a calcular la caída de tensión.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z \Rightarrow \Delta U = \sqrt{3} \cdot 21,6 \cdot 0,02 \cdot 3,99 = 2,98 \text{ [V]}$$

$$\Delta U_{15\%} = \frac{380 \cdot 15}{100} \Rightarrow \Delta U_{15\%} = 57 \text{ [V]}$$

Entonces $57 \gg 2,98$. Verifica

5.3.10 Protecciones

Las protecciones utilizadas en el presente proyecto se detallan a continuación:

Interruptores automáticos termomagnéticos

Deberán cumplir con las Normas IEC 60898 y/o IEC 60947-2.

La función de estos dispositivos es la protección de los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, evitando calentamiento excesivo en el aislante de los conductores y en los contactos.

Los mismos deberán tener todos los polos protegidos y tener aptitud de seccionamiento.

En los multipolares la conexión y desconexión de sus polos deberá ser simultánea.

Teniendo en cuenta todo esto se eligió un interruptor automático de la marca Merlin Gerin modelo P60, tetrapolar de I_n 10 [A] Curva "C", con un poder de corte de 4500 [A], limitador grado 3.

Interruptores automáticos diferenciales

Los interruptores diferenciales ID cumplen con las Normas IEC60947-3. Ambos tableros estarán protegidos contra contactos directos e indirectos por

medio de interruptores diferenciales tetrapolar de 30 mA de corriente de fuga, clase AC de la marca Merlin Gerin, de una corriente nominal de 25 A.

Contactores Tripolares.

Se dispondrán en ambos tableros contactores tripolares de 9 A, AC-3, de la marca Merlin Gerin modelo LC1-D09.

Relé Térmico

Estos dispositivos tripolares están diseñados para la protección y mando de motores, conforme a Normas IEC 947-4-1.

Cada relé térmico está dimensionado en referencia al motor asociado. La corriente de regulación Ir del relé térmico deberá ser menor o igual a la In del motor a proteger.

Ambos motores de las bombas son de 1,5 kW con una I nominal de 2,7 [A], por lo que Ir deberá tener este valor, para esto se elegirá para cada tablero un relé térmico marca Merlin Gerin modelo LRD 08, con Ir entre 2,5 y 4 [A]. Clase de disparo 10A.

Relé de control.

Deberán cumplir con las Normas IEC 60255-6.

Se instalará en ambos tableros relés de control orden y presencia de fase más sobretensión y subtensión, de la marca Telemecanique modelo RM4-TR32 con una corriente límite de 8[A] para una tensión nominal de 380 a 500 V de tres polos.

Timer digital

Se instalará en ambos tableros Timer digital con una corriente nominal de 2 [A] (AC-3) para una tensión nominal de 220 V.

Fusibles.

Se instalarán en ambos tableros fusibles tipo tabaquera, fabricados según norma IEC 60269-1, IEC 6026-2-1.

Para la protección del tablero de comando se usarán fusibles de protección de sobrecarga gG de corriente nominal 2 A, cuerpo cerámico con arena de cuarzo de tamaño 8,5 x 31,5 mm.

Para la protección del tablero de potencia se usarán fusibles tipo tabaquera aM. Son fusibles de respaldo y protegen al cortocircuito. Dichos fusibles serán de una corriente nominal de 6 A, de un tamaño 8,5 x 31,5 mm. Ambos fusibles, ya sea para la parte de comando o potencia, serán de la marca ZOLODA.

Se dispondrá de 6 bases portafusibles por cada tablero, marca ZOLODA de la serie BMF fabricadas según norma IEC-60947-1 / IEC-60947-3, con anclaje en el riel DIN y cada tres bases serán ancladas con un pasador provista por la misma marca para cortar las tres fases al mismo tiempo a la hora de cambiar manualmente cualquier fusible.

Relés Nivel de pozo

Se conectarán en ambas bombas relés de nivel, dichos relés sirven para medir el nivel de líquido en el pozo y deshabilitar la bomba (abrir el contacto), cuando éste no esté en condiciones para extraer agua. Ver PLANO Nº 24 del ANEXO V.

Relés uso múltiples

Se dispondrán en ambos tableros relés para poder conectar la señales de emergencia con el PLC que éste, a su vez, por medio de radio manda la señal al lugar de monitoreo, ubicado en el edificio central de la prestataria del servicio.

5.3.11 Tableros

Cálculo de disipación

Para el cálculo de disipación térmica se deberá verificar que:

$$P_{tot} \leq P_{de}$$

Donde

P_{de} Es la potencia máxima disipable por la envolvente en uso normal, en [W], declarada por el fabricante

$$P_{tot} = P_{dp} + 0{,}2 \times P_{dp} + P_{au}$$

P_{tot} Es la potencia total disipada en el tablero en [W]

P_{dp} Es la potencia disipada por dispositivos de protección en [W], tomando en cuenta el factor de utilización K_e y el factor de simultaneidad K

$0{,}2 \times P_{dp}$ Es la potencia total disipada por las conexiones

P_{au} Es la potencia total disipada por los otros dispositivos y aparatos eléctricos instalados en el tablero y no incluidos en P_{dp} y en $0{,}2 \times P_{dp}$

I_{nq} Es el producto entre la corriente asignada del dispositivo de maniobra y protección en la cabecera del tablero y K_e

K_e Es el factor de utilización, que es la relación entre la corriente que realmente circula por el dispositivo de protección de cabecera del tablero y la corriente asignada a dicho dispositivo. Por convención se lo toma igual 0,85

K Es el factor de simultaneidad, que es la relación entre la corriente asignada del tablero (I_{nq}) y la corriente asignada de salida (I_{nu}). Si el dispositivo de cabecera no es un interruptor termomagnético, la corriente de asignada del tablero (I_{nq}) se considera igual a (I_{nu})

Cálculo de P_{dp}:

$$P_{dp} = 3 \cdot 4 \cdot 0{,}85$$

$$P_{dp} = 10{,}2 \text{ W}$$

$$0{,}2 \times P_{dp} = 2{,}04 \text{ W}$$

Cálculo de P_{au}:

Debemos buscar en los manuales para saber la potencia disipada de los dispositivos que tenemos en el tablero.

- Contactores: 0,2 W por polo.
- Bobinas: 2,1 W.
- Relé Térmico: 2 W por polo.
- Sensor de Nivel: Despreciable.
- Timer digital: Despreciable.
- Led señales: Despreciables.

La potencia total es:

$$P_{tot} = 10{,}2 + 2{,}04 + 8{,}7$$

$$P_{tot} = 20{,}94 \cong 21 \text{ [W]}$$

Nuestro tablero deberá contar con una disipación de potencia mayor que 21 W.

Observando el PLANO Nº 22 del ANEXO V y cumpliendo con el 20% de reserva, el tablero seleccionado tiene las siguientes dimensiones. 450 x 450 x 150 mm. Apto para contener 36 módulos tipo DIN de 18 mm cada uno.

5.3.12 Sistema de Puesta a Tierra

Verificación de sistema TT

Para asegurar que el esquema sea TT, la toma de tierra de protección deberá estar alejada de la toma de tierra de servicio de la subestación, una distancia superior a diez (10) veces el valor del radio equivalente de la jabalina de mayor longitud, la puesta a tierra de servicio está ubicada a 10 m en dirección Oeste con respecto a la subestación y enterrada 12 [m] por recomendación del ente prestatario. Para determinar la ubicación de la puesta a tierra de protección debemos analizar la siguiente ecuación.

$$\mathrm{Re} \cong \frac{l}{\ln\left(\frac{l}{d}\right)}$$

Dónde:

Re= radio equivalente [m].
l= longitud de la jabalina [m].
d= diámetro de la jabalina [m].

$$\mathrm{Re} \cong \frac{12}{\ln\left(\frac{12}{0,00667}\right)} \Rightarrow \mathrm{Re} = 1,60 \text{ [m]}$$

Tomando 10Re = 16 [m], Entonces debemos separar nuestra puesta a tierra de protección una distancia mayor a 16 metros para esto al ubicar la tierra a 10 metros en dirección este con respecto al pilar no estamos alejando 20 metros y con esta distancia estamos asegurando que el esquema de conexión a tierra es TT.

Electrodo de puesta a tierra

Para determinar la profundidad del electrodo de puesta a tierra se utilizará la siguiente expresión obtenida del reglamento de la AEA, sección 771-C.10.1

$$\mathrm{R} = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left(\ln\left(\frac{8 \cdot L}{d}\right) - 1 \right) \Rightarrow \mathrm{R} = \frac{100}{2\pi \cdot 12} \cdot \left(\ln\left(\frac{8 \cdot 12}{0,0067}\right) - 1 \right)$$

Dónde:

R= resistencia [Ω].

ρ = resistividad del terreno [$\frac{\Omega}{m}$].

d= diámetro de la jabalina [m].

De la tabla 771-C.VIII - de la reglamentación AEA 2006, para tipo de suelo arenisca porosa y precipitaciones normales y abundantes, con una gama de valores que va de 30 a 300, siendo el valor más probable 100. Se tomará ese valor para nuestro ρ.

Tomando un valor de L = 12 metros nos da como resultado una resistividad del terreno de 11,37 ohm que está muy por debajo de los 40 ohm que enuncia la reglamentación y de esta manera nos aseguramos que con cualquier cambio de la condición climática no vamos a superar dicho valor.

Anexo IV
Informe de los
Pozos de Captación.

6.1 INTRODUCION.

Como parte de la obra: **“NEXO DE RED DE AGUA POTABLE PROGRAMA FEDERAL PLURIANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS, GENERAL PICO - 6000 VIVIENDAS -2º ETAPA”.**

Se realizaron dos nuevas perforaciones para la empresa prestataria del servicio, (CORPICO). Las mismas, se ubicaron al norte de la localidad de General Pico, sobre la calle Nº 371-417, (Ver PLANO Nº13 del ANEXO V).

6.2 Perforación Nº1.

La primera perforación se ejecutó en la calle 371 en la intersección con la ruta Provincial Nº 101. Donde se realizaron las siguientes tareas:

Se taladraron 19 m de profundidad en 10'' de diámetro, usando como aditivo de inyección bentonita y extrayendo muestras representativas de los terrenos atravesados (cutting) cada 3 m. Luego se procedió al entubado del pozo, quedando un diámetro de 6'' o 150 mm con cañería de P.V.C ranurado marca GEO TIGRE, tipo liviano. De acuerdo al siguiente detalle, desde la boca del pozo hacia abajo:

- Caños ranurados GEO TIGRE ciego: 0 – 10 m.
- Filtro ranurado GEO TIGRE con ranuras de 0,75 mm: 10 – 12 m.
- Caños ranurados GEO TIGRE ciegos: 12 – 14 m.
- Filtro ranurado GEO TIGRE con ranuras de 0,75 mm: 14 – 18 m.
- Tapa de fondo GEO TIGRE.

Un vez finalizada esta tarea se alivianó la inyección (se lavó el pozo), e inmediatamente mientras se hacía circular a la misma de manera inversa, se rellenó el espacio anular con grava fina tipo sostén de 2 a 4 mm de diámetro.

Posteriormente se inyectó aire comprimido para proceder a la limpieza y desarrollo del pozo. Esta labor insumió 16 h. Se colocó el caño de aire de manera de afectar sucesivamente la sección de las rejillas. Luego, se procedió a colocar la electrobomba, a una profundidad de 16 m, desde el borde del caño camisa. Se bombeó el pozo durante 3 horas, midiéndose los niveles dinámicos, el caudal erogado a distintos intervalos y extrayéndose una muestra de agua.

Parámetros hidráulicos obtenidos durante el aforo.

- Nivel Estático: 2,16 m.
- Nivel Dinámico: 11,92 m.
- Depresión: 9,76 m.
- Caudal 7,6 $\frac{m^3}{h}$.
- Caudal Característico: 0,778 $\frac{m^3}{h}$.

Características del terreno atravesado.

- 00 – 03 m: Arena fina constituida por cuarzo, máficos y vidrio volcánico. Abundante presencia de clasto de cuarzo y maficos subredondeados tamaño grande. Reacción al Hcl. Color Pardo medio.
- 03 – 06 m: Idéntico al anterior.
- 06 – 09 m: Limos .Presencia de arena muy fina. Fuerte reacción al Hcl. Color Pardo medio.
- 09 – 12 m: Idéntico al anterior.
- 12 – 15 m: Limos en su totalidad. Fuerte reacción al Hcl. Color pardo claro
- 15 – 18 m: Idéntico al anterior.

Recomendaciones.

Se aconseja conservar la profundidad a la que se colocó el elemento extractor.

Se recomienda que el régimen de explotación no supere las 12 horas diarias y que el caudal a extraer no exceda los 8 $\frac{m^3}{h}$.

Del análisis físico-químico realizado en la muestra de agua de la perforación Nº 1 se deprende que los elementos se encuentran dentro de los parámetros aceptables para consumo humano.

6.3 Perforación Nº2.

La primera perforación se ejecutó en la calle 417 a 625 m al Este del pozo Nº 1.

El pozo fue perforado con un equipo de sistema rotativo, con diámetro aproximado en 10’’, usando como aditivo de inyección bentonita. La profundidad alcanzada fue de 18 metros b.b.p., quedando entubada en un diámetro de 150 mm con cañería de P.V.C ranurado marca GEO TIGRE, tipo liviano. De acuerdo al siguiente detalle, desde la boca del pozo hacia abajo:

- Caños ranurados GEO TIGRE ciego: 0 – 10 m.
- Filtro ranurado GEO TIGRE con ranuras de 0,75 mm: 10 – 12 m.
- Caños ranurados GEO TIGRE ciegos: 12 – 14 m.
- Filtro ranurado GEO TIGRE con ranuras de 0,75 mm: 14 – 18 m.
- Tapa de fondo GEO TIGRE.

Concluida la perforación y posteriormente encamisado se utilizó para el prefiltro grava tipo sostén de 2 a 4 mm de diámetro. Luego, se procedió a su limpieza y desarrollo, utilizándose para ello, el compresor durante 16 horas en un lapso de 3 días. Después, se colocó la electrobomba sumergible a la profundidad de 16 m y se realizó un ensayo de bombeo de 3 h. El cual permitió medir el nivel dinámico, el caudal extraído y obtener una muestra de agua, al final del aforo.

Parámetros hidráulicos obtenidos durante el aforo.

- Nivel Estático: 1,47 m.
- Nivel Dinámico: 7,05 m.
- Depresión: 5,58 m.
- Caudal 7,6 $\frac{m^3}{h}$.
- Caudal Característico: 1,36 $\frac{m^3}{h}$.

Características del terreno atravesado.

- 00 – 03 m: Arena de médano, tamaño medio a fina constituida principalmente por cuarzo. Presencia de minerales máficos. No reacciona al Hcl. Color: Pardo oscuro.
- 03 – 06 m: Arena fina y muy fina suelta formada por cuarzo, máficos y vidrio volcánico. No reacciona al Hcl. Color: Pardo oscuro.
- 06 – 09 m: Idéntico al anterior. Presencia Limos. Color Pardo oscuro.
- 09 – 12 m: Arena fina y muy fina limosa. Presencia de clastos de cuarzo tamaño medio grande. Reacciona al Hcl. Color: Pardo claro.
- 12 – 15 m: Limos con escasas presencia de arena muy fina. Fuerte reacción al Hcl. Color pardo claro
- 15 – 18 m: Idéntico al anterior.

Recomendaciones.

Se aconseja que el elemento extractor no sobrepase la profundidad de 16,5 m desde la boca del pozo.

Si bien el rendimiento del pozo es mayor, se sugiere que el caudal a extraer no supere los 8 $\frac{m^3}{h}$. A fin de preservar la fuente de abastecimiento en el tiempo y que el bombeo no exceda mas de 12 horas diarias.

Del análisis físico-químico realizado en la muestra de agua, el valor de Ion Flúor excede levemente el máximo permitido, 1,9 de un máximo de 1,8. Pero al mezclar el fluido con los obtenidos en diferentes perforaciones, este nivel disminuirá considerablemente lo que en términos generales se volverá apto para el consumo.

Bibliografía.

- Hidráulica de Tuberías. Abastecimiento de agua, redes, riegos - Juan Saldarriaga – Editorial Alfaomega.
- Catálogo de la Empresa Amanco-Mexichem.
- Catálogo de la Empresa Fertor Ductil S.A.
- Catálogo de la Empresa Grundfos para la selección de bombas sumergibles.
- Manual Técnico de la Empresa General Plastics.
- Tuberías - Varetto - Editorial Alsina.
- Documentación/bibliografía de la cátedra de Instalaciones Industriales II.
- Reglamento técnico y normas generales para el proyecto de ejecución de obras de electrificación rural.
- Documentación/bibliografía de la cátedra de Centrales y Sistemas de Transmisión y Distribución.
- Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364 – Edición 2006.
- Catálogos de la Empresa Schneider 2005/06.
- Catálogo de la Empresa Industria Erplas.
- Catálogo de la Empresa I.M.S.A.
- Catálogo de la Empresa Prysmian Cables & Systems.

Anexo V
PLANOS.